

DISEÑO DE UNA PRENSA DE TORNILLO TIPO *EXPPELLER* PARA LA
EXTRACCIÓN DE ACEITE VEGETAL VIRGEN DE LA SEMILLA DE MAÍZ, PARA
USO COMESTIBLE

YEYXON OMAR GALARRAGA RIVERA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
PEREIRA
2015

DISEÑO DE UNA PRENSA DE TORNILLO TIPO *EXPPELLER* PARA LA
EXTRACCIÓN DE ACEITE VEGETAL VIRGEN DE LA SEMILLA DE MAÍZ, PARA
USO COMESTIBLE

YEYXON OMAR GALARRAGA RIVERA

Trabajo de grado presentado para optar al título de
Ingeniero Mecánico

Director:

LUIS CARLOS FLOREZ G.
Ingeniero Mecánico, MS.c

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
PEREIRA

Dedicatoria

A mi Madre alba Nelly rivera, a mi Padre Omar Galarraga y a mi hermana Mayra Galarraga, Gracias por su apoyo incondicional.

A Luis Carlos florez ,por su confianza y colaboración a la hora de realizar este trabajo de grado.

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2	JUSTIFICACIÓN	3
1.3	OBJETIVOS	5
2.1	GENERALIDADES DE LOS ACEITES	6
2.1.1	Definición de aceite vegetal.....	6
2.1.2	Propiedades de los aceites.	6
2.1.3	Clasificación de los aceites.....	7
2.1.4	Tecnologías de extracción de aceites..	7
2.2	CONCEPTOS GENERALES EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITES.....	10
2.2.1	Semillas oleaginosas.....	10
2.2.2	Aceite..	11
2.2.3	Compuesto orgánico..	11
2.2.4	Ácidos grasos.....	11
2.2.5	Prensado en frío.....	11
2.2.6	Prensado en caliente.....	12
2.2.7	Aceite extra virgen.....	12
2.2.8	Aceite virgen.....	12
2.2.9	Aceite refinado.....	12
3	SELECCIÓN DE LA TÉCNICA E INSUMOS.....	22
3.1	SELECCIÓN DE LA TÉCNICA	22
3.1.1	Técnicas a evaluar	22

3.1.2	Proceso de evaluación..	23
3.1.3	Resultados obtenidos..	27
3.2	SELECCIÓN DE MATERIA PRIMA	27
3.3	ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS DEL MAÍZ Y MANÍ PARA SER INTRODUCIDO EN LA PRENSA.	27
3.3.1	Generalidades de la semilla de maíz.....	29
3.3.2	Semilla de Maní o cacahuete.	31
3.3.3	Características que debe tener el maíz y el maní por medio de ensayos de laboratorio para ser suministrado al equipo.....	33
4	EQUIPOS DE PRENSA TIPO <i>EXPELLER</i>	40
4.1	GENERALIDADES.....	40
4.1.1	Tipos de prensa.....	41
4.1.2	Partes básicas del equipo.....	42
4.1.2	Tolva o alimentador.....	45
4.1.2.1	Barril o camisa.....	47
4.1.2.2	Reductor de velocidades.....	47
4.1.2.3	Bastidor principal.....	47
4.1.2.4	Ajuste de estrangulamiento.....	47
4.1.2.5	Poleas y correas de transmisión.....	47
4.1.2.6	Bandeja de aceite.....	47
4.1.3	Similitudes y diferencias entre modelos de prensa.....	47
4.2	PROCESO DE EVALUACIÓN, APLICACIÓN Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS O MECANISMOS MINIMOS QUE DEBE TENER EL DISEÑO DE LA MÁQUINA.....	48
4.2.1	Introducción.....	48
4.2.2	Proceso de evaluación.	48
5	DISEÑO DEL EQUIPO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE	50
5.1	SINTESIS DEL EQUIPO.....	50
5.1.1	Especificaciones de cantidad de semillas a procesar.....	52
5.1.2	Capacidad de extracción de aceite de maíz y maní	53
5.1.3	Presión mínima de extracción.	53
5.2	POTENCIA DE ACCIONAMIENTO: Es la potencia requerida con la cual la máquina trabajara con la exigencia de trabajo para la cual fue diseñada en donde se incluye el arranque en vacío y la potencia de extracción.	54
5.2.1	Cálculo y selección del motor eléctrico.....	56

5.2.2	Selección de arrancador eléctrico	58
5.2.3	Selección del calibre de los cables	58
5.2.4	Cálculo de las relaciones de transmisión finales.	59
5.2.5	Cálculo de las velocidades de giro de los arboles.	59
5.2.6	Momentos torsores en arboles	60
5.2.7	Selección del reductor de velocidad.	60
5.2.8	Determinación de los diámetros previos de los árboles	61
5.2.9	Determinación del tipo de correa.	63
5.2.10	Elección de chavetas.	66
5.2.11	Selección de acoplamientos.	68
6	COMPROBACION DE LA RESISTENCIA MECÁNICA	70
6.1	DISEÑO DE LOS ARBOLES BAJO LA TEORIA DE FATIGA POR VON MISES.	70
6.1.1	Selección del material.	70
6.1.2	Configuración geométrica de los árboles.	71
6.1.3	Resistencia en los árboles.	72
6.1.4	Análisis por fatiga árbol 1..	78
6.1.5	Análisis por fatiga árbol 2..	81
6.2	SIMULACIÓN EN CAD DEL EQUIPO	84
6.2.1	Introducción	84
6.2.2	Análisis estático de tornillo sin fin	85
6.2.3	Análisis de Fatiga de tornillo sin fin	90
6.2.4	Análisis estático del conjunto camisa-dado	92
6.2.5	Análisis de fatiga del conjunto camisa-dado.	96
7	COSTOS	98
8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	101
8.1	Conclusiones.	101
8.2	Recomendaciones	102
9	BIBLIOGRAFIA	103
	ANEXOS Y PLANOS DE PRENSA (VER CD).....	106

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 Elementos de una prensa común <i>expeller</i>	8
Figura 2.2 Extractor tipo Crown para la extracción de aceites vegetales de semillas oleaginosas.....	9
Figura 2.3 Sistema de destilación por arrastre de vapor.....	10
Figura 3.1 Semilla de maíz.	30
Figura 3.2 Equipo PHYSIS Modelo DH-5. Secador a gas y muestra de mani y maíz	36
Figura 3.3 Extractor de aceites esenciales marca FIQ y muestra de maíz en recipiente del extractor.....	37
Figura 3.4 Prensa Hidráulica colegio técnico superior y extracción de aceite	38
Figura 3.5 Cilindro perforado, Aceite de maní y semillas de maní y maíz, después de realizada la extracción	39
Figura 4.1 Prensa Expeller.	40
Figura 4.2 Prensa colador (strainer press).....	41
Figura 4.3 Prensa de cilindro hueco (<i>cylinder-hole press</i>).....	42
Figura 4.4 Prensa <i>expeller</i> , tolva con forma cónica y alimentación manual.....	43
Figura 4.5 Prensa <i>expeller</i> , tolva con forma de pirámide truncada y alimentación mecánica.	44
Figura 4.6 Camisa del Tornillo	45
Figura 5.1 Accionamiento y órgano de servicio de las máquinas.	51
Figura 5.2 Esquema cinemático del accionamiento.....	52
Figura 5.3 ω motor , Para los valores recomendados.....	57
Figura 5.4 Reductor RG07-211-29.68-B3.	61
Figura 6.1 Dimensiones del árbol 1.	71
Figura 6.2 Dimensiones del árbol 2.	71
Figura 6.3 Fuerzas externas y par torsor a los cuales se ve sometido el árbol 1.	72
Figura 6.4 Fuerzas externas y par torsor a los cuales se ve sometido el árbol 2.	72

Figura 6.5 Diagramas de fuerzas cortantes, momento flector resultante y par torsor en el árbol 1.	75
Figura 6.6 Diagramas de fuerzas cortantes, momento flector resultante y par torsor en el árbol 2.	77
Figura 6.7 Par flector constante en magnitud y dirección, produce esfuerzos variables ya que el árbol gira.	78
Figura 6.8 Análisis estático- Propiedades volumétricas del Tornillo sin fin	86
Figura 6.9 Mallado de solido- Tornillo sin fin.....	87
Figura 6.10 Análisis estático tensión nodal del Tornillo sin fin	88
Figura 6.11 Desplazamiento estático-Tornillo sin fin.....	89
Figura 6.12 Análisis estático-Factor de seguridad FDS del Tornillo sin fin	90
Figura 6.13 Carga completamente invertida (LR=-1) en estudio de fatiga.....	91
Figura 6.14 Análisis de fatiga-Daño, del Tornillo sin fin	92
Figura 6.15 Malla de solido del ensamble Camisa-Dado.....	94
Figura 6.16 Análisis estático tensión nodal del ensamble Camisa-Dado.....	94
Figura 6.17 Desplazamiento estático del ensamble Camisa-Dado.....	95
Figura 6.18 Análisis estático-Factor de seguridad FDS, del ensamble Camisa-Dado	96
Figura 6.19 Análisis de fatiga-Daño, del ensamble Camisa-Dado	97

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 3.1 Índices, grados de importancia y técnicas en la extracción de aceites vegetales, evaluados de acuerdo a nuestro criterio de diseño por medio de puntajes	24
Tabla 3.2 Puntaje asignado con su respectiva explicación, para cada una de las técnicas evaluadas en la tabla 6.1	26
Tabla 3.3 Comparación de las principales características de las semillas producidas en Colombia	28
Tabla 3.4 Composición química promedio porcentual de la almendra de maní.....	32
Tabla 3.5 Ficha técnica semilla DK 1040.	34
Tabla 3.6 Datos tomados en el analizador de humedad para el maíz	35
Tabla 4.1 Proceso de evaluación de los elementos básicos de la prensa.	49
Tabla 5.1 factor de servicio de máquina para la utilización de acoples	69
Tabla 6.1 Propiedades mecánicas del acero AISI 1045.	70
Tabla 6.2 Propiedades del material-Tornillo sin fin	85
Tabla 6.3 Propiedades volumétricas y del material en el análisis estático del ensamble Camisa-Dado	93
Tabla 7.1 Costo de potencia de la máquina.....	98
Tabla 7.2 Costo de estructura de prensa expeller	99
Tabla 7.3 Costo de piezas para transmisión de potencia	99
Tabla 7.4 Costo de elementos de Prensa.....	100

1 INTRODUCCIÓN

Las características de las semillas de maíz y de maní y su alto contenido de aceite en sus paredes celulares permiten la obtención de aceite virgen bajo el método de prensado en frío. En el presente trabajo se hizo el diseño de una prensa tipo *expeller*, para la extracción de aceite de maíz y de maní con el propósito de generar un proceso de extracción que evite la degradación del material al ser sometido a un cambio de fase mediante la compresión del mismo; con la ayuda de un tornillo sin fin y un accionamiento.

El prensado mecánico o de tipo *expeller* tiene sus inicios en el prensado que hacían los egipcios, los fenicios y los chinos, para producir un tipo de aceite y harina que se utilizaba para consumo humano y animal, mediante un equipo muy primitivo al cual llamaban "*stump press*", que consistía en un tronco quemado con un palo pesado impulsado por un buey, que maceraba las semillas y así liberaba un poco del aceite. Desde los días de los imperios griegos y romanos y hasta el siglo 17 la prensa *stump* y sus equivalentes antiguos fueron modificados para imponer más presión sobre la semilla, con lo que el contenido de aceite después del prensado aumentaba. La prensa de husillo manual puede ser citada como un ejemplo de este desarrollo; la semilla vegetal era envuelta en algún tipo de tela y se coloca entre las placas de una prensa vertical, a continuación, un tornillo se utilizaba manualmente para imponer una presión sobre la semilla y así liberar la cantidad de aceite disponible en sus paredes celulares.

Muchos progresos fueron producidos en los equipos de prensado durante los siglos 17th y 18th; se podría decir que la etapa de desarrollo inicial culminó en 1795, cuando Joséph Bromah obtuvo la patente Inglés para una prensa hidráulica; en este tipo de máquina se hicieron variadas modificaciones por lo que fue el mayor proceso de extracción hasta 1900. Finalmente la idea de la prensa mecánica fue concebida por V.D. Anderson en 1876 y En 1908 los *expeller* se utilizaron por primera vez para el prensado de la semilla de algodón y desde entonces son muy utilizadas, ya que permiten el prensado en frío además del ahorro en la mano de obra y la trituración de semillas a pequeña escala, con una inversión de capital pequeño.

En el proceso paulatino del proyecto se realizó una revisión bibliográfica acerca de las técnicas de extracción, la variedad de semillas a los cuales es posible extraerles aceite en la región y se estudiaron las características principales de una prensa de tipo *expeller*. En la segunda fase se realizó una caracterización de la particularidades iniciales que debe tener el maíz y el maní para ser introducido en la prensa y así permitir que fuera exitosa la liberación del aceite; este estudio se hace en colaboración con el instituto de servicio nacional de aprendizaje SENA; a continuación se desarrolla un proceso de evaluación de los elementos básicos de

la prensa combinando formas de equipos que permite identificar características principales de una prensa de este tipo. Seguido, se procede a los cálculos del accionamiento y al dimensionamiento geométrico de las partes de la máquina basados en la teoría que rigen el diseño. Finalmente bajo la teoría de esfuerzos combinados de von Mises, y teorías de fatiga (soderberg) se validó la resistencia mecánica de las partes mediante software de elementos finitos.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los cultivos de las oleaginosas o semillas de las cuales es posible extraer aceite son de amplia importancia en la región cafetera, en la que se incluye el departamento de Risaralda, esta importancia se evidencia en tres aspectos: cultural, económico y alimentario. La producción de estos cultivos ha prevalecido al paso de las generaciones, en cabeza de los pobladores que los utilizan para el sustento alimenticio de muchas familias que hoy habitan en este sector del país. La disponibilidad de materia prima es muy amplia, debido a la cantidad de cultivos existentes, datos que demuestran esto, se hallan en el consolidado departamental de cultivos transitorios de Risaralda, donde se encuentra el maíz con una presencia importante en el departamento, equivalente a un área sembrada (A.S) de 312 hectáreas, que es igual a un rendimiento de 5,1 ton/ha de maíz, para el año 2013 y con pronóstico hacia el año 2014 de un aumento por A.S. de 333 hectáreas; el estado físico de la producción es grano seco y no se le hace otro tipo de proceso¹. Estos indicadores manifiestan que la generación de nuevas y mejores alternativas de producción agrícola y agroindustrial en la región son indispensables, ya que se eleva la competitividad del sector, aprovechando las ventajas comparativas del territorio Risaraldense².

La ausencia de procesos industriales con déficit en la zona cafetera en el tema de extraer aceites vegetales comestibles, el alto consumo de aceites refinados por parte de la población y el desperdicio de parte de la semilla no utilizada en los procesos industriales comunes, evidencia una problemática en la región; estos factores son causados por la falta de inversión de entes públicos y privados en el sector agrícola, el bajo precio de los aceites refinados en comparación al costo de los aceites vírgenes en hipermercados y la eliminación de la semilla debido a que

¹Cultivos permanentes y semipermanentes-2012 Risaralda. En: Gobernación de Risaralda [base de datos]. Cultivos transitorios del Risaralda: Pereira, 2013. [citado 03 de octubre de 2013]. Disponible en secretaria de agricultura.

² Asamblea departamental de Risaralda. Plan de desarrollo departamental de Risaralda. Gobernación de Risaralda. Colombia. 2012. 07 de septiembre de 2014. Disponible en internet: http://www.risaralda.gov.co/site/main/web/es/plan-de-desarrollo_2172>

se encuentra en mal estado o no se usa en el transcurso de obtención de un producto terminado, son elementos que evidencian la magnitud del problema.

De no corregirse el problema, el producto cosechado se quedará en una etapa donde los productores de maíz probablemente venderán a intermediarios, quienes obtienen utilidades y el pequeño productor estará impedido a generar crecimiento económico, conformándose solo a una etapa de producción, que únicamente se ajusta a sus necesidades económicas básicas. Con el creciente consumo de aceite refinado, habrá un impacto de mediano a largo plazo, de problemas de salud en la población, y el no uso de materia prima aun utilizable provoca la sobreexplotación de la misma, lo que genera un impacto ambiental posterior.

Se propone el diseño de una prensa de tipo expeller en la región, que permitirá disponer de una técnica para la producción de aceite virgen, mediante extracción mecánica con la cual, se busca analizar el rendimiento en la semilla, incentivar al productor pequeño y a entes gubernamentales en la implementación de la técnica, disminuir los costos de los aceites, ayudar a fomentar el consumo de un aceite más sano y contribuir a que parte de semillas no utilizadas puedan servir para extraer aceite comestible. Por estas razones es pertinente preguntarse:

¿Cómo podría la implementación de una prensa de tornillo en el proceso de extracción de aceite comestible virgen de la semilla de maíz, generar una alternativa óptima, para el desarrollo de la agroindustria y en particular a los empresarios dedicados a la extracción del grano?

1.2 JUSTIFICACIÓN

Dentro de la industria, el cultivo de los productos oleaginosos es un importante generador de empleo, en 2003 se emplearon más de 115 000 personas para trabajos relacionados en la producción de aceite en Colombia; su participación sobre el total de empleo fue de 6,4%³, lo que muestra la importancia económica en materia agrícola a nivel nacional.

A partir de estos aceites crudos extraídos en una fase industrial primaria, se obtienen otra serie de productos que se constituyen a sí mismos en la elaboración de otros bienes. Uno de estos es la torta proteica, empleada en la fabricación de alimento concentrado para animales, este subproducto tiene un impacto significativo en la rentabilidad del negocio que genera ingresos mayores y que en

³ ZEGARRA RENGIFO, Janira; et al. Importancia del aceite comestible y su aplicación en la industria alimentaria. Artenautas. LIMA. 2011. 30 de octubre de 2011. Disponible en internet:<<http://artenaugas.conaculta.gob.mx/Maestros/ludotecas.htm>>

la ejecución de los procesos de producción algunas veces no se les optimiza, lo cual genera una falta de aprovechamiento de la materia prima disponible.

Debido a lo planteado, se ve la necesidad del diseño y la posterior implementación de una máquina para la extracción de aceites vegetales en la región, esto debido a la carencia de procesos industriales. Con este proyecto se pretende aumentar y generar desarrollo en las actividades económicas, culturales y alimentarias de la población existente en la región.

Desde el punto de vista académico, el presente proyecto generará beneficios puesto que se utilizan los conocimientos adquiridos durante la carrera universitaria, en las actividades propias de la profesión de ingeniería mecánica, aplicando el diseño mecánico y la teoría de resistencia de materiales. Permitiendo un mayor desarrollo personal y profesional, por parte del estudiante y con lo cual se contribuye a la construcción de sociedad y de nación.

Lo que se pretende con la ejecución del proyecto es estudiar la conveniencia de producir aceite con la materia prima disponible en la región, industrializar el sector agrícola, utilizar el desperdicio de las semillas de diferentes procesos, obtener otra serie de productos que se constituyen a sí mismos en insumos para la elaboración de otros bienes y de manera indirecta disminuir el consumo de aceites refinados por parte de la población; esto se hará mediante el mejoramiento del proceso con las máquinas existentes en la industria, la combinación de formas entre equipos de prensa y la simulación en un software CAD.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar una prensa de tornillo (*expeller*) para la extracción de aceite comestible virgen, de la semilla de maíz, con el propósito de generar un procedimiento de selección y diseño para el desarrollo de estas prensas.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Seleccionar la técnica de extracción del equipo.
- Estudiar las diferentes configuraciones y formas de equipos de prensa.
- Caracterizar las particularidades iniciales que debe tener el maíz para ser suministrado al equipo.
- Realizar la síntesis del equipo, calcular la potencia, accionamientos y hacer el dimensionamiento de las piezas
- Verificar por medio del método de Von Mises y software de F.E.M, la mecánica del equipo.

2 GENERALIDADES EN LA EXTRACCIÓN DE LOS ACEITES

2.1 GENERALIDADES DE LOS ACEITES

2.1.1 Definición de aceite vegetal. El aceite vegetal es un compuesto orgánico graso obtenido a partir de semillas u otras partes de la planta, algunos no son aptos para consumo humano, como el de castor o el de algodón, es decir todo depende de la materia prima que se utilice para el proceso de obtención del aceite, lo cual define si es comestible o no⁴. Los aceites vegetales comestibles son nutrientes esenciales de la dieta humana, que constituyen una de las tres principales clases de productos alimentarios, fuentes de energía concentrada que proporcionan alrededor de 9 kcal/g, frente a 4 kcal/g de proteínas y carbohidratos, utilizados en la alimentación de humanos o en algunos lugares para alimentar animales⁵. Los no comestibles o de uso industrial están tradicionalmente en la producción de jabón, pero hoy los están usando para propósitos de producción de combustible⁶.

2.1.2 Propiedades de los aceites. El componente principal del aceite vegetal es el triglicérido (~ 95 %), Compuesto de ácidos grasos con cadena principal de glicerol y una especie de características que pueden servir como la huella del aceite. Además de los ácidos grasos, los aceites vegetales también contienen mezclas complejas de compuestos menores (2-5%) que afectan sus cualidades. Los principales grupos de menor constituyentes de los aceites vegetales son: tocoferoles y tocotrienoles, compuestos fenólicos, alcoholes grasos, ésteres de ceras, hidrocarburos volátiles, etc. Sin embargo, en las mismas especies de aceites, la composición y contenido de estos compuestos puede variar en gran medida debido a las condiciones climáticas, la calidad de frutas o semillas, la etapa de maduración, proceso de refinación y los sistemas de extracción del aceite crudo⁷.

⁴ ZEGARRA RENGIFO, Janira; et al. Importancia del aceite comestible y su aplicación en la industria alimentaria. Artenautas. LIMA. 2011. 30 de octubre de 2011. Disponible en internet: <<http://artenautas.conaculta.gob.mx/Maestros/ludotecas.htm>>

⁵ *Ibíd.*, p. 2.

⁶ HAMM, Wolf; HAMILTON, Richard J y CALLIAUW, Gijs. Edible oil processing. 2ª ed. UK: John Wiley & Sons Ltd, 2013, p. 56.

⁷ Ai, Fang fang et al. Application of random forests to select premium quality vegetable oils Apertura. *En: Science Direct. Shangai. Vol.1, N° 143 (ago. 2013); p. 472.*

2.1.3 Clasificación de los aceites. Los aceites en general, se clasifican en aceites vegetales comestibles, no comestibles y aceites esenciales, estos últimos los aceites esenciales o volátiles “la quinta esencia” como lo solían llamar los griegos, en la actualidad producen cantidades de (0,5%-6%) de aceite en las llamadas plantas aromáticas, aquellas que generalmente son hierbas o arbustos, las cuales son usadas como ingredientes en pastas dentífricas, champús, cremas, aceites para masajes, perfumes, productos de aseo, industria farmacéutica, textil y de pinturas. Hoy en día se pueden encontrar una variedad extensa de distintas clases de aceites, subproductos de estos mismos.

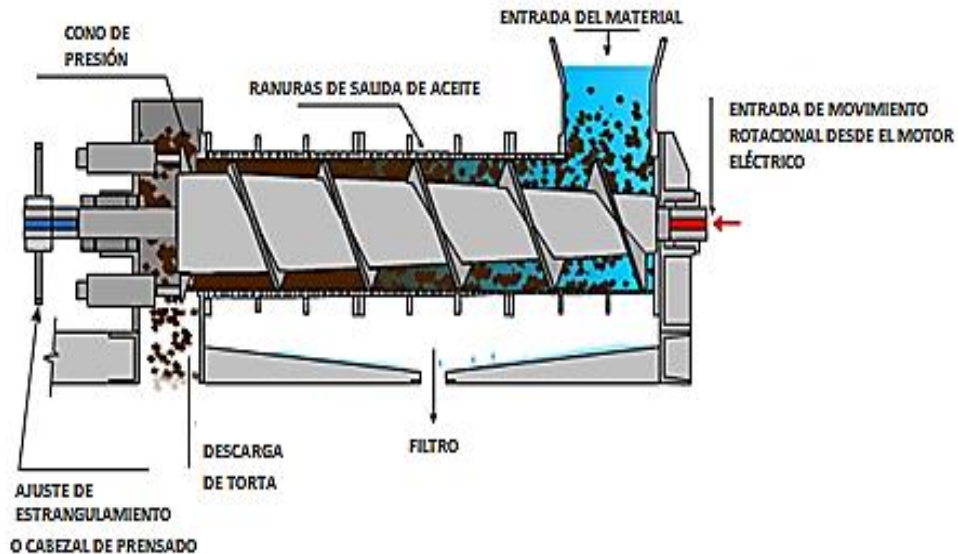
2.1.4 Tecnologías de extracción de aceites. Los aceites vegetales es posible extraerlos por el método de prensado mecánico (prensa hidráulica y *expeller*), por el método químico utilizando solventes y por arrastre de vapor para aceites esenciales.

Para la extracción de aceites vegetales, Cuando se lleva a cabo usando una prensa de tornillo o *expeller*, la figura 2.1 muestra una prensa de este tipo y los elementos que hacen parte del conjunto de la máquina; para este caso, el aceite se extrae mediante la aplicación de presión a las semillas de material por medio de un tornillo que se hace girar dentro de un cilindro hueco, este tornillo se encuentra dentro de un barril de drenaje. El barril de drenaje, conocido como la “jaula” consiste de una serie de anillos unidos entre sí por nervios longitudinales, barras paralelas establecidas en la caja, separadas por cuñas o espaciadores. Esto tiene el efecto de producir una serie de ranuras paralelas a lo largo del cañón, a través del cual el aceite puede fluir al tiempo que conserva el material sólido dentro de ella. Los elementos del tornillo se conocen colectivamente como “ensamble de gusano” de los cuales se habla posteriormente. El material sólido que queda dentro de la prensa es finalmente descargado por un orificio llamado el dado⁸.

La gran ventaja de este método es que en un proceso exclusivamente mecánico, sin la adición de aditivos químicos lo que garantiza un aceite más sano y que conserva todas sus propiedades organolépticas (sabor, color, textura).

⁸HAMM, Wolf; HAMILTON, Richard J y CALLIAUW, Gijs. Edible oil processing. 2ª ed. UK: John Wiley & Sons Ltd, 2013, p. 71-72.

Figura 2.1 Elementos de una prensa común *expeller*.



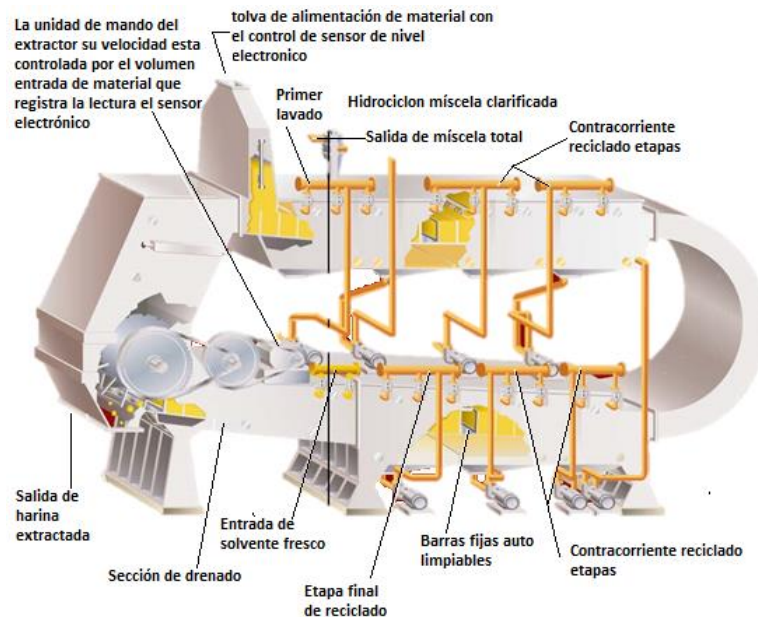
Fuente: FKC Screw Press⁹.

Los procesos basados en extracción por solvente consisten, usualmente, en extracciones sucesivas del material oleaginoso previamente quebrado, laminado, molido o prensado, mediante lavados en contracorriente con hexano. Luego, la harina desengrasada es llevada a un tostador-desolventizador para recuperar el solvente. El hexano es removido del aceite en evaporadores de película y finalmente destilado a vacío. En la figura 2.2 se muestra el proceso de extracción mediante el modelo Crown y el cual es utilizado para semillas a las cuales se le puede obtener menos de 30% de aceite en peso por semilla, hoja o fruto¹⁰. El aceite crudo obtenido a partir de extracción por solventes contiene cantidades variables y relativamente reducidas de impurezas que no son glicéridos. Algunas de las impurezas afectan la calidad del aceite para su uso comestible y por lo tanto es necesario eliminarlas mediante otros procesos posteriores.

⁹ FKC screw press. Screw press introduction. Tokio . 07 de septiembre de 2014. Disponible en internet :<<http://www.fkcscrewpress.com/spintro.html>>

¹⁰HAMM, Wolf; HAMILTON, Richard J y CALLIAUW, Gijs. Edible oil processing. 2ª ed. UK: John Wiley & Sons Ltd, 2013, p. 119.

Figura 2.2 Extractor tipo Crown para la extracción de aceites vegetales de semillas oleaginosas.



Fuente: Extracción de solventes Modelo III Disolvente extractor, crown¹¹

Cuando hay una combinación en ambas técnicas prensado mecánico y solvente, las semillas y frutos oleaginosos se someten a un proceso de prensado. Los residuos de este prensado se aprovechan como alimento para el ganado, por ser un producto muy rico en proteínas. Finalmente se somete al aceite extraído a otro proceso de refinamiento con el método químico que utiliza disolventes químicos que resulta más rápidos y baratos, además de dar mejor rendimiento. El solvente generalmente usado es el Hexano¹². Estos procesos combinados son usados, generalmente, con oleaginosas de alto contenido en aceite (alrededor de 35 %) como girasol, algodón y germen de maíz¹³.

Para la extracción de aceite esencial se utiliza la técnica de arrastre de vapor, la cual se lleva a cabo usando vapor seco sobrecalentado, generado usualmente por

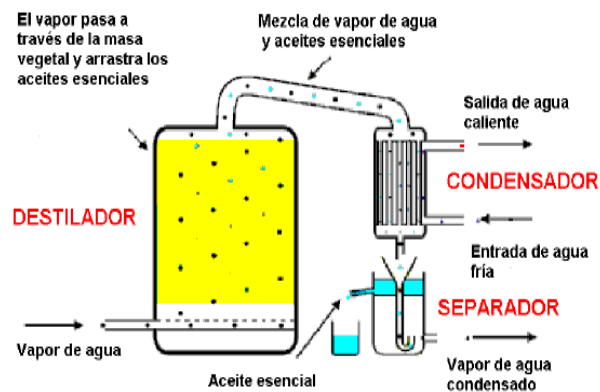
¹¹Crown Iron Works Company. Modelo III disolvente extractor. 2014. 07 de septiembre de 2014. Disponible en Internet: < www.crowniron.com/userfiles/image/Spanish_Model_III_Brochure.pdf >

¹²CHAVARRIA S, Lourdes M. Grasas y aceites comestibles. Honduras si exporta. HONDURAS. 2010. 12 de noviembre de 2013. Disponible en internet:<www.hondurassiexporta.hn/download/83/>

¹³GRASSO, Florencia Verónica. Diseño del proceso: Pre tratamiento enzimático para extracción de aceites vegetales en un extractor de columna. SEDICI. La plata. 2013. 11 de diciembre de 2013. Disponible en internet: < <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/26889> >

una caldera o un calderín. La figura 2.3 muestra el sistema de extracción del aceite; en el sistema mostrado el vapor penetra el material vegetal a una presión más alta que la presión atmosférica, la corriente de vapor rompe las células o canales oleíferos en la planta y arrastra la mezcla volátil, que se condensa luego de atravesar un refrigerante. Generalmente los aceites son más livianos que el agua y muy poco solubles en ella; por ende pueden ser separados por decantación¹⁴.

Figura 2.3 Sistema de destilación por arrastre de vapor.



Fuente: Diseño de una planta extractora de aceites esenciales por arrastre de vapor¹⁵

2.2 CONCEPTOS GENERALES EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITES

2.2.1 Semillas oleaginosas. Son las principales fuentes vegetales para la extracción de aceite. El principal rasgo característico de las células de las semillas oleaginosas es la existencia de organelas celulares llamadas cuerpos lipídicos y proteínicos, las cuales contienen, respectivamente, la mayoría del aceite y de las proteínas del grano¹⁶.

¹⁴STASHENKO, Elena E. Aceites Esenciales. Bucaramanga: División de publicaciones UIS, 2009, p. 16.

¹⁵GRANADOS, Ronald; ARIAS, Jaimes. Diseño de una planta extractora de aceites esenciales por arrastre de vapor. CENIVAM. Bucaramanga. 2007. 20 de noviembre de 2013. Disponible en internet: <

<http://cenivam.uis.edu.co/cenivamnew/investigacion/produccioncientifica/tesisdegrado/pregrado>>

¹⁶GRASSO, Florencia Verónica. Diseño del proceso: Pre tratamiento enzimático para extracción de aceites vegetales en un extractor de columna. SEDICI. La plata. 2013. 11 de diciembre de 2013. Disponible en internet: < <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/26889> >

2.2.2 Aceite. La palabra aceite (del árabe az-zait, el jugo de la oliva, y éste del arameo zayta) es un término genérico para designar diferentes líquidos de orígenes diversos que no se disuelven en el agua y que tienen menos densidad que ésta¹⁷.

2.2.3 Compuesto orgánico. Los compuestos orgánicos son los compuestos químicos constituidos por carbono, hidrógeno y oxígeno y muchas veces con nitrógeno, azufre, fósforo, boro, halógenos. No son moléculas orgánicas los carburos, los carbonatos y los óxidos del carbón. En general los compuestos orgánicos tienen carbón con enlaces de hidrógeno. Los compuestos orgánicos pueden ser: Compuestos orgánicos naturales que son los sintetizados por los seres vivos y compuestos orgánicos artificiales que son sustancias que no existen en la naturaleza y han sido fabricadas por el hombre. La mayoría de los compuestos orgánicos puros se producen artificialmente¹⁸.

2.2.4 Ácidos grasos. Los ácidos grasos son cadenas lineales con un número par de átomos de carbono. Los ácidos grasos comúnmente presentes es los aceites y grasas naturales son el Butírico, Láurico, Palmítico, Esteárico, Oleico y Linoleico¹⁹.

2.2.5 Prensado en frío. El prensado es la separación de líquido de un sistema de dos fases (sólido – líquido) que no se puede bombear con facilidad, mediante la compresión en condiciones que permiten que el líquido escape al mismo tiempo que retiene el sólido entre las superficies de compresión²⁰, la máxima temperatura de “prensado en frío” es de 300 K (27 °C)²¹.

¹⁷STASHENKO, Elena E. Aceites Esenciales. Bucaramanga: División de publicaciones UIS, 2009, p. 16.

¹⁸CONTRERAS, Silvia. Reacciones químicas. REPOSITORIO INSTITUCIONAL UNIVERSIDAD DE LOS ANDES VENEZUELA. Mérida. 2014. 2 de Febrero de 2014. Disponible en internet: <<http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/16710/1/reacciones.pdf> >

¹⁹ZEGARRA RENGIFO, Janira; et al. Importancia del aceite comestible y su aplicación en la industria alimentaria. Artenautas. LIMA. 2011. 30 de octubre de 2011. Disponible en internet:<<http://artenautas.conaculta.gob.mx/Maestros/ludotecas.htm>>

²⁰ACOSTA, Martha. Evaluación y escalamiento del proceso de extracción de aceite de aguacate utilizando tratamiento enzimático. UNIVERSIDAD NACIONAL. Bogotá. 2014. 2 de Febrero de 2014. Disponible en internet:

<<http://www.bdigital.unal.edu.co/4070/1/marthaceciliaacostamoreno.2011.pdf> >

²¹JAN, Bart. PALMERI, Natale y CAVALLARO, Stefano. Biodiesel science and technology. 2ª ed. UK: Woodhead Publishing Limited, 2010, p. 93.

2.2.6 Prensado en caliente. El prensado en caliente es el proceso de obtención de aceite de semillas oleaginosas con el tratamiento de las semillas antes del prensado. El proceso es más exigente desde el punto de vista tecnológico, el rendimiento de aceite es mayor. Esta tecnología se utiliza para semillas con porcentaje de aceite superior a 45%. El proceso puede ser concebido como una sola etapa o con dos etapas (la semilla oleaginosa se prensa 2 veces)²². Tiene como desventaja que requiere de un mayor proceso de refinado, además que la torta obtenida por este proceso queda con 10-20% de aceite que puede ser aprovechada, sometiéndola a la acción de un solvente²³.

2.2.7 Aceite extra virgen. Los aceites extra vírgenes son los extraídos mediante prensado en frío. Es aquel que se obtiene como resultado de la presión del fruto (una sola presión). Este es el aceite con más alta calidad, además de tener un aroma y un sabor muy natural, es rico en nutrientes y con grandes beneficios para la salud²⁴.

2.2.8 Aceite virgen. Extraído mediante prensado en frío que conservan el sabor de la fruta de la que son extraídos²⁵. Este aceite se obtiene en la segunda extracción. Es de mediana calidad.

2.2.9 Aceite refinado. Es aquel que se somete a un proceso que permite obtener un aceite que responde a ciertos criterios: organolépticamente es de un sabor neutro, visualmente está limpio y de un color adecuado, es seguro alimentariamente y permite una mejor conservación. Esta técnica suele utilizarse para modificar aceites que no son aptos para consumo humano o para poder aumentar la producción de diferentes que si fuesen sometidos a presión en frío

²² FARMET a.s. Tecnología de procesamiento de oleaginosas. FARMET. Netherlands. 2014. 3 de Febrero de 2014. Disponible en internet: < <http://www.farmet.es/tecnologia-de-procesamiento-de-oleaginosas/prensado-en-caliente> >

²³ HERNANDEZ, Elizabeth. Tecnología de las oleaginosas. UNAD. Sogamoso. 2014. 2 de Febrero de 2014. Disponible en internet: <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/232015/2014_232015/Lectura_U2_232015_2014_1.pdf>

²⁴ ACOSTA, Martha, op. cit., p. 24.

²⁵TORO, Carolina. LONDOÑO, Catalina. Estudio de la estabilidad térmica del aceite de crisálida del gusano de seda de *bombix mori* linn. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. Pereira. 2007. 15 de Noviembre de 2013. Disponible en internet: <<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/822/1/5428T686.pdf> >

3 SELECCIÓN DE LA TÉCNICA E INSUMOS

3.1 SELECCIÓN DE LA TÉCNICA

A continuación, se presenta una evaluación de los índices de producción, costo, uso y temática ambiental de las técnicas de extracción de aceites por medio de puntajes. La valoración de la selección de la técnica es mostrada en la tabla 3.1 y se hace con el único fin de evaluar la técnica más adecuada para la extracción de este tipo de aceites, y así diseñar el sistema mecánico en base a los requerimientos que como proyecto se busca y con la cual se extrae el aceite finalmente. En la evaluación para la selección de la técnica se maneja una escala de cero (0) a diez (10). Donde cero (0) hace referencia al grado de deficiencia y diez (10) al grado de excelencia de los diferentes métodos o técnicas existentes en la actualidad, de acuerdo con el índice evaluado, para la producción de aceites vegetales comestibles.

3.1.1 Técnicas a evaluar

TÉCNICA 1: Método mecánico; prensado continuo (expeller)

TÉCNICA 2: Método térmico (extracción por arrastre de vapor de agua)

TÉCNICA 3: Método químico (extracción de aceites con solventes)

TÉCNICA 4: Método mecánico; Prensado discontinuo

Cada uno de los índices mencionados, tienen un peso diferente en la evaluación, ya que este varía de acuerdo a la importancia referenciada por nuestra zona geográfica, económica y productiva de la región del eje cafetero. Con esta evaluación se busca encontrar el método más apropiado para obtener aceites comestibles. Por ello, está basado el análisis respectivo en 5 índices importantes, que permiten escoger la técnica óptima en base a los requerimientos anteriormente mencionados.

1. En el tema productivo se evalúa el porcentaje de aceite que se puede extraer, el porcentaje de aceite presente en la torta (desperdicio), residuos o impurezas que quedan en el aceite después del proceso y una óptima temperatura de funcionamiento, con la cual no se degradaran las propiedades organolépticas de la semilla o fruto (sabor, color, textura), todo lo dicho es bastante importante para un nivel de producción eficiente.

2. El segundo índice permite establecer “óptima calidad” para la obtención de aceite virgen que contenga baja acidez, por eso se planteó la clasificación del aceite según el tipo y su uso.

3. En la temática de costos, el tiempo en el proceso de obtención del aceite, el costo del equipo y el costo de instalación de la técnica, son factores que permiten establecer y seleccionar la técnica más eficiente que dentro de los parámetros incluye un costo considerablemente menor de la máquina para su implementación.

4. En la temática de usos, se evalúa la técnica de mayor utilización en la actualidad para los diferentes campos de trabajo existentes, de esta evaluación dependerá el sector apropiado a estudiar, basándose en estudios previos y en la maquinaria existente.

5. El índice ambiental determina la selección de una técnica limpia, es decir sin la utilización de químicos en el momento de obtener el producto que evita las emisiones al ambiente.

3.1.2 Proceso de evaluación. . En la tabla 3.1 se muestra la una evaluación de los índices de producción, calidad, costo, usos y temática ambiental, de las técnicas de extracción de aceites de acuerdo a su grado de importancia, mediante un análisis detallado de cada índice. El proceso de evaluación se realiza con el fin de escoger la técnica más apropiada de acuerdo a los requerimientos buscados en el diseño de la prensa. A cada técnica se le da un puntaje de 1 (uno) a 3 (tres). Donde 3 (tres) hace referencia a la técnica más apropiada y 1 (uno) la menos indicada.

ÍNDICES, GRADOS DE IMPORTANCIA Y TÉCNICAS EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITES VEGETALES														
ÍNDICES CON SU RESPECTIVO GRADO DE IMPORTANCIA (0-10)	PRODUCCIÓN					CALIDAD		COSTOS			USOS	AMBIENTAL	TOTAL	
	% DE EXTRACCIÓN DE ACEITE POR PESO DE LA SEMILLA O FRUTO	% ACEITE PRESENTE EN LA TORTA, DESPUÉS DEL PROCESO	RESIDUOS O IMPUREZAS EN EL ACEITE DESPUÉS DEL PROCESO	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	CLASIFICACIÓN DE ACUERDO AL TIPO DE ACEITE OBTENIDO	TIPO DE ACEITE OBTENIDO SEGÚN SU USO	TIEMPO EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ACEITE	COSTO DEL EQUIPO	COSTO DE INSTALACIÓN DE LA TÉCNICA	USO DE LA TÉCNICA EN LA ACTUALIDAD (INDUSTRIA, INVESTIGACIÓN)	GENERACIÓN DE SUSTANCIAS PELIGROSAS Y EMISIONES GENERADAS AL AMBIENTE DESPUÉS DEL PROCESO	Total sin su grado de importancia	Total con su grado de importancia
	10	7	8	9	6	7	5	3	9	5	3	8		80
TÉCNICA 1	3	1	1	3	3	3	3	3	2	1	3	3	30	240 0
TÉCNICA 2	1	3	3	1	1	1	1	2	3	2	2	2	21	168 0
TÉCNICA 3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	3	1	1	21	168 0
TÉCNICA 4	1	1	1	2	2	3	3	2	2	2	2	3	24	192 0

Tabla 3.1 Índices, grados de importancia y técnicas en la extracción de aceites vegetales, evaluados de acuerdo a nuestro criterio de diseño por medio de puntajes

ÍNDICES	PUNTAJE ASIGNADO (1-3)	JUSTIFICACIÓN DEL PUNTAJE
% DE EXTRACCIÓN DE ACEITE POR PESO DE LA SEMILLA O FRUTO	3	Es ideal para semillas que tienen un porcentaje mayor de 35 % de aceite en peso por semilla. Usado para plantas con alto contenido de aceite [13].
	2	Obtiene menos de 30% de aceite en peso por semilla, hoja o fruto [4].
	1	Información no encontrada.
	1	Típicamente, el rendimiento de aceites esenciales de plantas está entre 0.005 y 10% [2].
% ACEITE PRESENTE EN LA TORTA, DESPUÉS DEL PROCESO	1	Las tortas contienen entre 8 a 13% de aceite aun.
	2	Las tortas contienen menos de 2% de aceite [13].
	1	Información no encontrada.
	3	Las tortas obtenidas de la extracción contienen de menos de 1% de aceite. En la mayoría de los casos en ni siquiera es mencionada la torta en este método (Autor).
RESIDUOS O IMPUREZAS EN EL ACEITE DESPUÉS DEL PROCESO	1	El aceite pasa únicamente a un tamiz vibratorio y luego por un filtro del que se obtiene el aceite crudo filtrado.
	2	El aceite crudo obtenido a partir de esta extracción, contiene cantidades variables y relativamente reducidas de impurezas debido al proceso químico que tiene [8].
	1	Para la separación de la parte sólida de la líquida, el proceso requiere el uso de telas filtrantes, la cuales debido a la cantidad de presión que se ejerce en el proceso, tienden a desgastarse rápidamente, es decir el aceite sin las telas es bastante sucio [18].
	3	El aceite obtenido por medio de este procedimiento es de alta pureza y solo requiere de una re destilación para acabar de eliminar unas gotas de agua que pueden quedar atrapadas en el aceite [19]
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	3	Las prensas pequeñas son capaces de producir en un rango de 40–200 kg/h de toda la semilla que se alimenta dentro de ellas [4].
	2	Grandes plantas por solvente pueden procesar hasta 5000-6000 TMPD (toneladas máximas por día) o más. El problema es su gran tamaño.
	2	Por las características que este proceso tiene, el tiempo de producción se lleva a cabo de manera ininterrumpida, dado que, tanto el abastecimiento de la materia prima, cuanto la descarga del producto procesado, se requiere desmontar partes de la máquina como son las bandejas de tortas y de aceite, lo cual perjudica en el factor de producción [18].
	1	Produce 0.01 a 0.9 L por cada 100 kg de hoja por ejemplo. De acuerdo a un promedio de rendimiento de varias especies en producción industrial [9]; de 1000 kg de material vegetal, se obtiene 10 kg de aceite esencial [9].
TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	3	La temperatura de este proceso es máxima 300 K (27°C), aunque en algunos casos depende del procedimiento aplicado [13].
	2	Se realiza preferiblemente a temperatura y presión ambientes, pero al ser sometido a químicos pierde algunas características organolépticas [9].
	2	En buenas condiciones de operación la prensa no puede sobrepasar los 150 °C.
	1	Temperatura de vapor 100 °C, perdiéndose aquí muchas propiedades nutricionales, ya que las vitaminas y antioxidantes son sensibles al calor [9].
CLASIFICACIÓN DE ACUERDO AL TIPO DE ACEITE OBTENIDO	3	El aceite extra virgen obtenido es el mejor de los aceites por su baja acidez <1% y sabor, obtenido por medio mecánico únicamente. El aceite virgen el cual su acidez está entre 1 y 1.5%, el cual es obtenido por prensado en frío. Un líquido transparente verdoso y de sabor intenso [16].
	1	Aceite Pomace o ligero es el aceite de más baja calidad. El empleo de fuertes solventes destruyen las propiedades originales del producto perdiendo sus beneficios y aportes nutricionales, así como su olor y sabor natural.
	3	Las prensas hidráulicas pueden extraer aceite virgen vegetal después de haber realizado una presión significativa a la semilla(autor)
	1	El aceite refinado se extrae por medio mecánico, luego se hace un proceso térmico o con disolventes, aparentemente de sabor neutro, aspecto limpio y color claro [16].
TIPO DE ACEITE OBTENIDO SEGÚN SU USO	3	Mediante este proceso se obtiene aceites comestibles, por ejemplo un pueblo puede extraer su propio aceite para su uso a nivel local en forma cruda para cocinar [4].
	2	De uso comestible y con solventes también es posible sacar aceites esenciales, en general para la industria. (autor)
	3	Las prensas obtienen aceite comestible igual que en los expeller, que realizan un proceso en el que se aplican presiones elevadas. (autor)
	1	Aceites esenciales se dirigen a industrias de las fragancias, industrias de productos medicamentosos, industria química y de productos derivados [9].
TIEMPO EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ACEITE	3	De 5 a 30 min. (autor)
	2	Mayor de 20 min. De 60 a 90 min, se obtiene el porcentaje más alto de la carvona, la cual define propiedades organolépticas del aceite [9].
	1	El aceite es obtenido inmediatamente cuando se le aplica la presión, el problema difiere en que es un proceso discontinuo, se requiere retirar el material prensado y colocar nuevamente la materia prima para seguir con el proceso de extracción, lo que lo vuelve de alguna manera deficiente para nuestros requerimientos.(autor)
	1	La mayor parte del aceite se extrae en los 30 primeros minutos.Pero requiere un tiempo mucho mayor para extraer la totalidad del aceite.

COSTO DEL EQUIPO	2	La máquina es importada o también es posible conseguirla en el país pero el costo es realmente elevado.(autor)
	3	Debido a que la maquina debe ser importada la mayoría de veces del exterior el costo se incrementa.(autor)
	2	Por su potencia de fuerza no hay ninguna máquina que de la misma fuerza por el mismo precio.
	1	Equipo requerido en la extracción por solventes está compuesto por el equipo necesario en la extracción por prensado más una gran cantidad de equipo necesario para la eliminación del solvente de la miscela y de la torta, lo cual eleva grandemente la inversión inicial.
COSTO DE INSTALACIÓN DE LA TÉCNICA	2	La Importación del producto es elevada y el transporte. A menudo son financiados a través de ayuda de agencias [4].
	3	La ventaja de este método de extracción es la baja inversión inicial necesaria para adquirir los equipos y accesorios. Se trata de un proceso simple, versátil y flexible, que permite trabajar con grandes volúmenes de materia prima en cada ciclo, incluso sin tratamiento.
	2	Las máquinas no requieren de mucha tecnología para su funcionamiento, razón por la cual el costo de estas es relativamente bajo respecto a otros procesos.
	1	El capital inicial de instalación para el procesamiento es alto y los productos son crudos, de relativamente bajo valor, y requieren refinación antes de ser usados, pero en comparación con los otros métodos su costo es menor [5].
USO DE LA TÉCNICA EN LA ACTUALIDAD (INDUSTRIA, INVESTIGACIÓN)	3	Usada para el desarrollo de la industria local en los países en desarrollo. Un pueblo puede extraer su propio aceite para su uso a nivel local en forma cruda para cocinar. Es utilizado para trabajos de investigación en las instituciones académicas [4].
	2	Usada para la industria, para obtener aceites esenciales, productos de limpieza y su gran importancia en la industria farmacéutica.
	2	Las prensas hidráulicas han sido reemplazadas por los expeller, ya que su eficiencia es mucho menor(autor)
	1	Trabajos de investigación e industria.(autor)
GENERACIÓN DE SUSTANCIAS PELIGROSAS Y EMISIONES	1	El principal aspecto es el relacionado con la pérdida de hexano y los problemas de polución asociados a esta pérdida al ambiente [8].
	2	Debido a la combustión generada en la caldera en algunos casos, se generan emisiones contaminantes al ambiente.(autor)
	3	La prensa utiliza energía eléctrica para su funcionamiento y las emisiones son escasas.(autor)
	3	Al manejar únicamente energía eléctrica, las emisiones son nulas y la generación de sustancias es muy baja.(autor)

Tabla 3.2 Puntaje asignado con su respectiva explicación, para cada una de las técnicas evaluadas en la tabla 6.1

3.1.3 Resultados obtenidos. Los resultados obtenidos en este indicador previamente mostrados en las tablas 3.1 y 3.2 señalan que el método mecánico o prensado continuo expeller, obtuvo la mayor puntuación (2400 puntos), lo que indica que para los requerimientos en cuanto a los índices obtenidos, esta es la opción más adecuada de acuerdo a nuestras necesidades y a los criterios de evaluación escogidos. Esta técnica en comparación a las otras técnicas evaluadas tiene un puntaje mayor y por tanto será con la cual se trabajara ahora en adelante.

3.2 SELECCIÓN DE MATERIA PRIMA

A continuación se mencionan 5 productos a estudiar, para la selección de la materia prima de acuerdo a los productos disponibles en la región del eje cafetero para la producción de aceites comestibles por medio del método mecánico o de prensado continuo (expeller). Girasol, higuierilla, maíz, maní y soya, los cuales son cultivados en Colombia, importantes para la economía nacional y que es posibles extraerlos por medio del método mecánico (prensado en frio). En la tabla 3.3 se realiza un análisis para cada producto, evaluando los índices más importantes respecto a:

- Cantidad de aceite por peso de semilla
- Porcentaje de grasas saturadas
- Porcentaje de grasas mono insaturadas
- Porcentaje de grasas poliinsaturadas
- Porcentaje de proteínas

Algunos de estos índices son beneficiosos para consumo y otros no, lo que nos indicará el uso de uno u otro producto. Finalmente se hace el análisis respectivo para escoger la materia prima más apta de acuerdo a los requerimientos enfocados a un tipo de semilla que permita un rendimiento óptimo, que sea comestible, de alta producción en la región, de propiedades beneficiosas para el cuerpo humano, de buena rentabilidad económica y que la torta después del proceso sea posible aprovecharla para otros usos (abonos, comida para animales etc.).

MATRIZ DE SELECCIÓN DE MATERIA PRIMA						
INDICES	GIRASOL (Helianthus annuus)	HIGUERILLA (Ricinus communis)	MAÍZ (Zea Mays L)	MANÍ Arachis hypogaea	SOYA (Glycine max)	JUSTIFICACIÓN DEL INDICE
PORCENTAJE DE ACEITE PRESENTE EN LA SEMILLA	Las semillas de girasol pueden contener con cascara alrededor de 42 a 48% de aceite por peso.	40-50% [21].	Su contenido en aceite es por lo general sólo un 18-20%, debido a que parte del grano se mantiene con ellos [2].	40-55 % [2].	18-22% [2].	Este índice permite medir el rendimiento de la semilla en el proceso.(autor)
PORCENTAJE DE GRASAS SATURADAS	10.1% [22].	1-5% de ácidos grasos saturados (ácidos esteárico, palmítico, dihidroxiesteárico y eicosanoico [20].	12,7% de ácido palmítico y esteárico [22].	16.9% por cada 100 g [22].	14.9% por cada 100 g [22].	Nutricionalmente se les considera nocivas para la salud, ya que el consumo excesivo, eleva los niveles en la sangre de colesterol y triglicéridos [22].
PORCENTAJE DE GRASAS MONO INSATURADAS(ÁCIDO OLEICO, PALMITOLEICO Y EICOSENOICO)	45.4% [22].	2-4% de ácido oleico [21].	24.2% [22].	42% por cada 100 g [22].	43% por cada 100 g [22].	Son ácidos grasos que recubren las arterias y son las más saludables, ayudan a prevenir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, ayudan a reducir el colesterol, mala circulación y mejoran el aspecto de la piel [22].
PORCENTAJE DE GRASAS POLIINSATURADAS (ÁCIDO LINOLEICO, OMEGA 3 Y 6)	45.4% [22].	3-6% de ácido linoleico [21].	58.7% [22].	32% por cada 100 g [21].	37.6% por cada 100 g [21].	Es beneficioso, ayuda a bajar el colesterol igual que las grasas mono Insaturadas, presentes en el aceite de maíz en cantidades elevadas. Este tipo de grasas es necesaria que el cuerpo los reciba porque el omega 3 y 6, no los puede producir por si solos el organismo y se consideran esenciales para nuestro cuerpo [22].
PORCENTAJE DE PROTEÍNAS	26-28% [2].	20% [21].	7-8% [2].	30% [2].	33-39% [2].	Debido a que son macromoléculas que constituyen el principal nutriente para la formación de los músculos del cuerpo. Entre sus funciones esta en transportar las sustancias grasas a través de la sangre, elevando así las defensas de nuestro organismo. Por lo tanto la ingesta diaria de estos nutrientes que son las proteínas es imprescindible para una dieta sana y saludable para todos [2].

Tabla 3.3 Comparación de las principales características de las semillas producidas en Colombia

Resultados y análisis, selección materia prima. Como se ve en la tabla comparativa 3.3, este tipo de semillas de la familia de las oleaginosas crecen en excelentes condiciones en Colombia, con alto rendimiento manifestado en su porcentaje de aceite, al hacerse la extracción por el método mecánica²⁶. Estas semillas crecen en óptimas condiciones de terreno, temperatura y humedad por lo cual es importante la vigilancia de estos factores cuando se tiene una plantación de ellas.

En la tabla 3.3 se aprecia que de acuerdo a las condiciones químicas y organolépticas de las semillas son utilizadas para fines alimenticios, y en algunos casos para fines industriales. Es importante que la materia prima a utilizar, crezca en óptimas condiciones en la región del eje cafetero, y que exista un porcentaje de hectáreas sembradas que permitan el fácil acceso de la semilla sin la necesidad de importarla de otro lugar, ya que generaría un costo más elevado para la obtención del aceite. Lo que indica que las semillas de maíz y maní son las opciones más adecuadas de acuerdo a las necesidades y a los criterios de evaluación previamente mencionados. La semilla de maní es tenida en cuenta en la caracterización y en el posterior diseño de la prensa, debido a su alto contenido de aceite y su utilización como concentrado para animales después de realizado el prensado.

3.3 ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS DEL MAÍZ Y MANÍ PARA SER INTRODUCIDO EN LA PRENSA

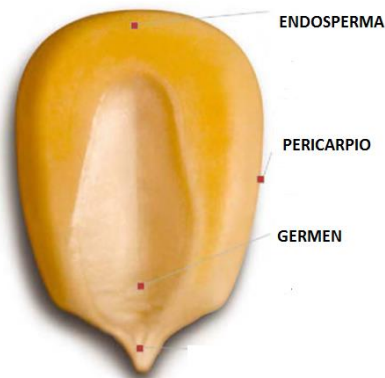
3.3.1 Generalidades de la semilla de maíz

3.3.1.1 Semilla de maíz. El maíz (*Zea Mays L*) de la familia de las gramíneas o poáceas, es originario de países como México, Perú, Ecuador y Bolivia, crece en clima cálido o templado en una temperatura optima promedio de 15-25 °C, con un periodo vegetativo de 140-150 días y de muy pocas enfermedades²⁷.

²⁷ Ministerio de agricultura y riego Peru. Cultivo de maiz. Lima Peru. 04 de Diciembre de 2013. Disponible en internet en: <<http://www.minag.gob.pe/portal/sector-agrario/agricola/cultivos-de-importancia-nacional/ma%C3%ADz?start=1>>

El maíz es un tipo de cereal, en la mayoría de los casos de color amarillo o blanco, los granos de maíz está constituidos principalmente de tres partes: la cascarilla, el endospermo y el germen. La cascarilla o pericarpio es la piel externa, que sirve como elemento protector. El endospermo, es la reserva energética y ocupa hasta el 80 por ciento de su peso. Contiene aproximadamente el 90 por ciento de almidón y el 9 por ciento de proteína, y pequeñas cantidades de aceites, minerales y elementos traza (ver figura 6.1). El germen contiene una planta en miniatura, además de grandes cantidades de energía en forma de aceite, y otras muchas sustancias, todas necesarias durante el proceso de germinación y desarrollo de la planta²⁸.

Figura 3.1 Semilla de maíz.



Fuente: Autor.

3.3.1.2 Aceite de Maíz. El aceite de maíz es una grasa vegetal líquida, extraído del germen del maíz, utilizado en el campo del biodiesel, jabones, pinturas y recubrimientos industriales, la mayor producción del aceite se produce en USA y es el segundo aceite más consumido, cerca de 10 billones de galones de etanol fueron producidos de la semilla de maíz en 2009. China, Brasil, México, Indonesia, India, Francia, Argentina, Sur África, y Ucrania lo siguen en producción²⁹.

²⁸ Ministerio de agricultura y riego Peru. Cultivo de maíz. Lima Peru. 04 de Diciembre de 2013. Disponible en internet en: <<http://www.minag.gob.pe/portal/sector-agrario/agricola/cultivos-de-importancia-nacional/ma%C3%ADz?start=1>>

²⁹MANAWWER, Alam; ALANDIS, Maser M. Corn oil based poly(ether amide urethane) coating material—Synthesis, characterization and coating properties. *En*: Science Direct. Saudi Arabia. 12 de octubre de 2014. Disponible en internet:<<http://www.sciencedirect.com.ezproxy.utp.edu.co/science/article/pii/S0926669014001575>>

El aceite de maíz está compuesto principalmente de *acylglycerols* (mono-, di- y principalmente tri-) y contiene 59 por ciento de ácidos grasos polinsaturados (*PUFA*), 24 por ciento de mono insaturados (*MUFA*) y 13 por ciento de saturados (*STA*). El aceite de maíz tiene uno de los más altos niveles de *PUFA* después del girasol, la nuez y de germen de trigo, a su vez, contiene gran cantidad de *ubiquinone* y de *gamma-tocopherols* (vitamina E); estos altos contenidos de *PUFA* y vitamina E puede contribuir a beneficios para la salud³⁰ (ver tabla 2.4).

Tradicionalmente, la extracción de aceite del germen de maíz se ha hecho por métodos físicos y químicos. En estos métodos convencionales, el aceite es removido del germen utilizando un proceso de calentamiento seguido de presión mecánica (expeller) y se termina con la extracción con solventes (hexano), esos métodos convencionales producen aceite de maíz crudo virgen o refinado, de color dorado o amarillo oscuro y con un sabor particular. El residuo o torta que queda después de los procesos anteriormente mencionados se utilizan como componentes para la alimentación animal que contiene aproximadamente 20 por ciento de proteínas³¹.

Este aceite es especialmente útil para comer en crudo o cocinado. Su uso permite realzar el sabor de los alimentos, especialmente ensaladas, platos al horno o guisos diversos. No se debe olvidar que al igual que otros aceites, el aceite de maíz es menos estable que su homólogo refinado e igualmente, a la hora de freírlo, es conveniente usar pequeñas cantidades y no reutilizarlo para impedir que el aceite desarrolle sustancias tóxicas para el organismo.

3.3.2 Semilla de Maní o cacahuate. El maní (*Arachis hypogaea* L) es originario de Sudamérica, probablemente de Brasil y actualmente es un producto de consumo mundial, pertenece a la familia de las Papilionáceas. La semilla se desarrolla en una vaina de color marron que contiene 2 frutos.

El clima adecuado para el cultivo debe ser predominantemente cálido. Requiere de suelos ligeros, sin piedras, con presencia de Calcio y Materia orgánica, pH óptimo de 7 a 7.5. El cultivo se desarrolla bien a temperaturas entre 25 a 30 °C y es susceptible a heladas, además prospera mejor a una altitud de 0 a 1000 metros³².

³⁰ SI, Hongwei; ZANG, Longyun; LIU, Siqin . High corn oil dietary intake improves health and longevity of aging mice. En: Science Direct. Tennessee states united. 12 de octubre de 2014. Disponible en internet:<

<http://www.sciencedirect.com.ezproxy.utp.edu.co/science/article/pii/S0531556514002514> >

³¹ HAMM, Wolf; HAMILTON, Richard J y CALLIAUW, Gijs. Edible oil processing. 2ª ed. UK: John Wiley & Sons Ltd, 2013, p. 83.

³² CARDENAS, Angélica; CAMACHO, Luis Alberto; MONDRAGON, Elizabeth. Extracción de aceite de cacahuate. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA. Iztapalapa México. 2007. 01 de

La composición proteínica y de grasas del maní es muy favorable para la alimentación humana y por lo tanto es un alimento de mucho valor nutritivo (ver tabla 2.5). Las pepas se consumen crudas, cocidas o tostadas, se las procesa para producir mantequilla de maní, dulces, bocadillos y se utilizan para sopas y salsas. El 40 por ciento de la producción mundial se utiliza para el procesamiento de aceites. La torta prensada de maní contiene 40-50 por ciento de proteína bien digerible y se la muele para la producción de harina de maní que sirve a su vez para el enriquecimiento proteínica de alimentos. La torta prensada es utilizada como alimento rico en proteína para animales y las cáscaras sirven como combustible.

Tabla 3.4 Composición química promedio porcentual de la almendra de maní.

Contenido	% en peso
Proteína	31
Hemicelulosa	6,8
Celulosa	4,76
Pectina	1,19
Almidón	3,74
Lipasas	0,51
Humedad	2
Extracto libre de Nitrógeno	5
Aceite	45

Fuente: Extracción de aceite de cacahuete³³.

Octubre de 2014. Disponible en internet: <

<http://tesiuami.izt.uam.mx/uam/aspuam/presentatesis.php?recno=13997&docs=UAMI13997.pdf>>

³³ CARDENAS, Angélica; CAMACHO, Luis Alberto; MONDRAGON, Elizabeth. Extracción de aceite de cacahuete. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA. Iztapalapa México. 2007. 01 de Octubre de 2014. Disponible en internet: <

<http://tesiuami.izt.uam.mx/uam/aspuam/presentatesis.php?recno=13997&docs=UAMI13997.pdf>>

3.3.2.1 Aceite de maní. El aceite de maní es de color amarillo pálido con un sabor a nuez distintivo y su olor varía poco, al olor del grano de maní antes de la transformación. Es un aceite que no se seca, con contenido de ácido *arachidonic* (4 por ciento), ácido *oleic* (62 por ciento), ácido *linoleic* (23 por ciento), ácido *palmitic* (8 por ciento) y ácido *stearic* (5 por ciento). Otros constituyentes de ácido graso del aceite incluyen el ácido *behenic* y *lignoceric*, cada uno con aproximadamente 1,5 por ciento. La mayoría de los cacahuetes que se cultivan en el mundo se utilizan para la producción de aceite, mantequilla de maní, dulces y productos de aperitivo³⁴.

3.3.3 Características que debe tener el maíz y el maní por medio de ensayos de laboratorio para ser suministrado al equipo.

El Tecno Parque Agroecológico del Risaralda es un nodo del servicio nacional de aprendizaje del Sena y está ubicado en el municipio de Santa Rosa de Cabal, vereda el EMBO y a 10 km del casco urbano del municipio. En estas instalaciones funcionan talleres de derivados lácteos, cárnicos, frutas y verduras, panificación y laboratorios de control de calidad bacteriológica físico-química.

El ingeniero de alimentos Carlos Fernando Cardona, encargado del tecno parque colaboró con la investigación para la extracción de aceite virgen de maíz y de maní. De acuerdo a su experiencia profesional para la extracción de aceites vegetales y esenciales, el manifestó un método aplicable para la extracción de aceite de macadamia, realizado por él en la misma institución y el cual fue implementado para esta investigación, con algunos parámetros diferentes, mencionados a continuación.

Para extraer aceite de maíz, es necesario que la semilla se encuentre en un periodo de 3 a 4 meses después de sembrado, el nombre popular para el maíz en este periodo de tiempo es “chócolo semiduro”; estas condiciones son necesarias ya que la semilla se encuentra aún en el periodo de formación y no se encuentra seco (6 meses después de haberse sembrado), lo que hace más fácil el proceso de retirar el agua que contiene la semilla mediante el proceso de secado.

El tipo de semilla utilizada es el maíz amarillo DK 1040 (ver tabla 3.5), que se encuentra en el mercado nacional de tipo híbrido, la muestra fue traída del

³⁴ CANAN, Kayaa; CANDAN, Hamanci. Methyl ester of peanut (*Arachis hypogea* L.) seed oil as a potential feedstock for biodiesel production. En: Science Direct. Tennessee states united. 12 de octubre de 2014. Disponible en internet: <<http://www.sciencedirect.com.ezproxy.utp.edu.co/science/article/pii/S0960148108003522>>

municipio de Guática, vereda el paraíso en donde es cultivada, la ficha característica es mostrada a continuación:

Tabla 3.5 Ficha técnica semilla DK 1040.

SEMILLA DE MAÍZ HIBRIDO: DK 1040
NOMBRE DEL PRODUCTOR: MONSANTO DO BRASIL LTDA
NOMBRE COMUN DE LA ESPECIE: MAÍZ
MALEZAS PROHIBIDAS (Semillas/Kg): 0
MALEZAS NOCIVAS (Semillas/Kg): 0
MALEZAS COMUNES (Semillas/Kg): 0
GERMINACIÓN(%): 90 % min
HUMEDAD(%): 14% max
NUMERO DE SEMILLAS POR BOLSA: 60 000 semillas
ALTURA DE LA PLANTA (cm): 249.9
ALTURA DE LA MAZORCA (cm): 176.8
DE EMERGENCIA A FLORACIÓN (días): 69
DE EMERGENCIA A COSECHA (días): 170
PROLIFICIDAD: 1.02
TIPO DE GRANO: Semi-cristalino
VENTAJAS:
Excelente sanidad de la mazorca.
Tolerancia al volcamiento.
Tolerante a enfermedades.
Textura de granos SemiCristalinos

Fuente: Monsanto³⁵.

3.3.3.1 Medición de humedad en las semillas. Una vez obtenidas las semillas de maíz se deben desgranar (retirar el grano de la tusa), se limpia la semilla que consiste en la eliminación de cuerpos extraños que puede contener y se procede a medir humedad. El proceso para medir humedad se hizo macerando la semilla (hacer una película homogénea en un recipiente) y se introdujo una muestra de 10,159 g (para el maíz) a un analizador de humedad. En la tabla 3.6 se ve los resultados del proceso de secado en el analizador en un tiempo $t=51,8$ minutos y en el numeral 3.3.3.2 se explica la metodología utilizada para obtener estos resultados.

³⁵ Monsanto S.A. Disponibilidad de semillas en Colombia. 12 noviembre de 2014. Disponible en internet en: <<http://www.monsantoandino.com/productos/semillas/colombia/maiz.asp>>

La semilla de maní fue comprada en el mercado y se encuentra en varias presentaciones de acuerdo a la necesidad; Para los ensayos de laboratorio es necesario que la almendra se encuentre cruda y limpia (sin cascara), lo que permite la homogenización en el secado posteriormente.

Tabla 3.6 Datos tomados en el analizador de humedad para el maíz

Adventurer-Pro 8035	
m[g]=10,159	
Tiempo[min]	Humedad[%]
12,6	31,54
31,6	64,94
36,7	69,44
51,8	73,1

Fuente: Autor

3.3.3.2 Proceso de secado de semillas. El proceso de secado se realiza para extraer el contenido de humedad que contiene el grano. De acuerdo al procedimiento establecido en el tecno parque para la extracción de aceites, la humedad debe estar entre 10 a 12 por ciento con lo que se evita la degradación del color y el aumento de ácidos grasos libres en el grano. El secado de la semilla se hizo a una temperatura de 80 °C en el equipo PHYSIS Modelo DH5 el cual es mostrado en la figura 6.2 con operación a gas propano; El equipo permite retirar la humedad de la semilla. En el transcurso del secado se fueron tomando datos para el porcentaje de humedad en la semilla. Después de 1 hora la humedad llego al 11 por ciento con lo que se cumple el criterio solicitado.

Figura 3.2 Equipo PHYSIS Modelo DH-5. Secador a gas y muestra de mani y maiz



Fuente. Autor

3.3.3.3 Extractor de aceites esenciales. El equipo extractor de aceites esenciales marca FIQ disponible en el tecno parqué, permite extraer aceite por medio de del método de arrastre de vapor. El vapor es generado por una caldera o calderín, su objetivo es romper el mayor número de paredes celulares por medio de vapor sobrecalentado que penetra el material vegetal a una presión más alta que la presión atmosférica en un segundo recipiente. La corriente de vapor rompe las células o canales oleíferos en la semilla y arrastra la mezcla volátil. La temperatura aumenta rápidamente de 80 a 90 °c desde que el equipo se enciende; seguido, la separación del aceite y del vapor se hace por medio del condensador dispuesto en el equipo por el cual fluye agua fría y disminuye drásticamente la temperatura del vapor. Finalmente la mezcla llega a un embudo de separación (ver figura 3.3). Generalmente los aceites son más livianos que el agua y muy poco solubles en ella; por ende pueden ser separados por decantación.

Figura 3.3 Extractor de aceites esenciales marca FIQ y muestra de maíz en recipiente del extractor.



Fuente. Autor

El equipo fue utilizado en los ensayos, pero la extracción del aceite de maíz y maní no fue exitosa mediante el uso del mismo, ya que las propiedades de la semilla no lo permiten, ya que es un aceite vegetal y no esencial; pero la utilización del equipo permite liberar las células de grasa que aumentan el rendimiento por semilla después de hacer el prensado. Con la experimentación se llegó a la conclusión de que no era necesario la utilización de un equipo como este para extraer aceite tanto de maíz como de maní ya que con el secado era suficiente.

3.3.3.4 Prensado de las semillas. La prensa hidráulica genera presiones de hasta 40 Ton y la extracción del aceite se lleva a cabo usando un embolo que genera una fuerza de compresión que rompe las paredes de las células y el aceite es liberado después de hacer compresiones sucesivas al material vegetal. El prensado del maíz y del maní se realizó en el taller de metalmecánica del colegio técnico superior ubicado en zona aledaña a la Universidad Tecnológica de Pereira; con la prensa de la empresa IMOCOM que es mostrada en la figura 3.4.

Para la extracción del aceite fue necesario construir un cilindro perforado en el mismo taller (ver figura 3.5), en donde se introducía la semilla para ser presionada por el embolo de la prensa, el aceite es liberado por las perforaciones debido a la presión ejercida por la prensa.

Figura 3.4 Prensa Hidráulica colegio técnico superior y extracción de aceite



Fuente. Autor

De acuerdo a los ensayos de laboratorio para la semillas de maíz y de maní, la fuerza necesaria para extraer aceite de las semillas (F), fue de 4000 kgf y 5000 kgf respectivamente; a su vez se determinó la presión de extracción que se debe generar en la prensa, los valores mostrados a continuación son resultado de la extracción de los 2 tipos de semillas y que la prensa arrojó durante el análisis.

$$P_e = 141,47 \text{ kgf/cm}^2 = 13,87 \text{ MPa} \quad [\text{Presión de extracción de maíz}]$$
$$P_e = 176,83 \text{ kgf/cm}^2 = 17,34 \text{ MPa} \quad [\text{Presión de extracción de maní}]$$

Se puede concluir que la presión mínima que debe generar la prensa para su correcto funcionamiento en cuanto a las semillas analizadas es de 17,34 MPa, la maquina se diseñara con las condiciones más críticas, las cuales están dadas por la semilla de maní.

Figura 3.5 Cilindro perforado, Aceite de maní y semillas de maní y maíz, después de realizada la extracción



Fuente. Autor

4 EQUIPOS DE PRENSA TIPO *EXPELLER*

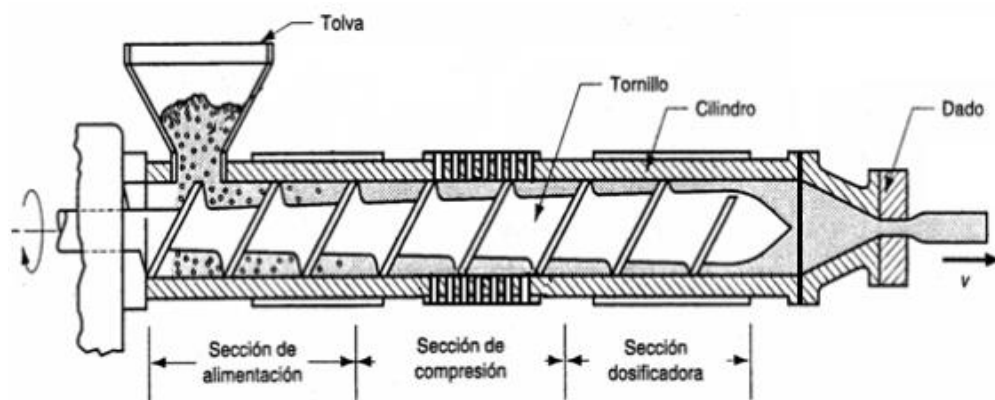
4.1 GENERALIDADES

La extracción de aceite en una prensa de tipo expeller ocurre de manera continua, es decir, la obtención del aceite ocurre en un solo paso y se realiza por medio de un husillo que gira dentro de un barril o camisa; este husillo o tornillo sin fin se encarga de transportar el material desde la sección de alimentación en donde entra el material por medio de una tolva, hasta una sección dosificadora o de salida por la cual el material que sobra de la extracción es expulsado por un orificio llamado dado.

Entre estas dos secciones de alimentación y dosificación, se encuentra la zona de compresión, debido a la forma del tornillo, se presenta la presión más elevada y por la cual el aceite es liberado por unos orificios o ranuras presentes en el barril de drenaje.

La prensa es accionada por un motor eléctrico provisto de un reductor de velocidad que transmite movimiento hacia el husillo y hacia el tornillo de alimentación, dispuesto en la tolva. La potencia requerida depende de las características de la semilla y de las dimensiones del conjunto en general.

Figura 4.1 Prensa Expeller.



Fuente. FKC Screw Press³⁶.

³⁶ FKC screw press. Screw press introduction. Tokio . 07 de septiembre de 2014. Disponible en internet : <<http://www.fkcscrewpress.com/spintro.html>>

4.1.1 Tipos de prensa. Actualmente, la maquinaria empleada para la extracción de aceite virgen por medio de un prensado en frío es de 2 tipos: la prensa colador *strainer press*. (Ver figura 4.2) y la prensa de cilindro hueco *cylinder-hole press*. (Ver figura 4.3); el funcionamiento básico de la prensa es el mismo; desde la zona de alimentación hasta la zona dosificadora la compresión aumenta progresivamente y en esta última la energía mecánica es disipada, causando que la temperatura de las semillas se incremente transformándola de un estado granular, a un estado de masa plástica, esta masa estará compuesta de parte líquida y sólida, los cuales se separan por medio de los agujeros en la camisa y a través del dado, respectivamente³⁷.

Figura 4.2 Prensa colador (strainer press).



Fuente: Agrotterra “The leading AgriMarketplace”³⁸.

³⁷Repositorio. Ecuador. 02 de febrero de 2014. Disponible en internet :< <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2788/1/T-ESPE-030730.pdf>>

³⁸ Agrotterra. Prensa de extracción de aceite y expeller. Reino unido . 07 de octubre de 2014. Disponible en internet :< <http://www.agrotterra.com/p/prensa-extraccion-de-aceite-y-expeller-3063159/3063159>>

Figura 4.3 Prensa de cilindro hueco (*cylinder-hole press*).



Fuente: Nebraska screw press³⁹.

4.1.2 Partes básicas del equipo.

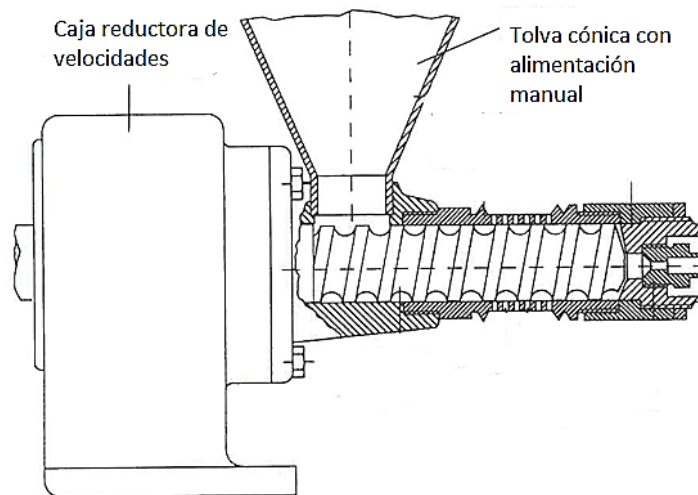
Las partes funcionales de la máquina que son comunes tanto para la prensa colador y prensa de cilindro hueco incluyen:

- Tolva o Alimentador.
- Husillo o Tornillo sin fin.
- Barril o camisa.
- Caja reductora de velocidades.
- Bastidor Principal.
- Ajuste de estrangulamiento o cabezal de prensado.
- Dado.
- Correas de transmisión.
- Poleas.
- Bandeja de la torta.

³⁹Nebraska energy to future. Kometd851. United states. Disponible en: <<http://www.nebraskascrewpress.com/oilextraction.html>>

4.1.2.1 Tolva o Alimentador. En la industria es común encontrar que la tolva es de forma cónica (ver figura 3,4), aunque en otros modelos este elemento tiene la forma de una pirámide truncada de cuatro paredes (ver figura 3.5); en la entrada de la prensa es posible encontrar el diámetro mayor. Las variaciones más notorias en el alimentador, se pueden evidenciar en el método de alimentación (manual o mecánica); en la alimentación manual la semilla cae por gravedad, en contraste, la alimentación mecánica se encarga de introducir la semilla de forma continua a la prensa con el volumen adecuado, con la ayuda de una transmisión por polea que viene desde el motor. El ángulo que se le da a las paredes de la tolva, que a su vez es el ángulo de reposo de las semillas es de 45° , cualquier ángulo que se le dé a las paredes de la tolva mayor a este asegura que las semillas no se atasquen en la tolva⁴⁰.

Figura 4.4 Prensa *expeller*, tolva con forma cónica y alimentación manual.

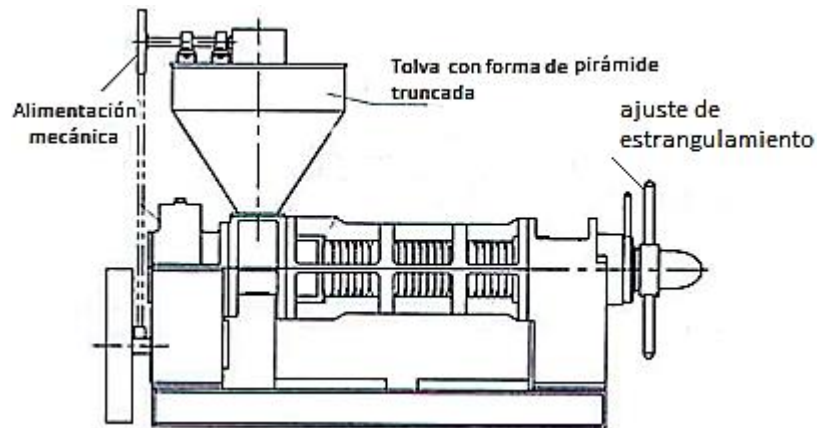


Fuente: Algae-oil⁴¹.

⁴⁰ MATA, Ivan Saul ; RODRIGUEZ, Julio Cesar. Diseño de máquina extractora de aceite de semilla de tempate. Antiguo custatlan el salvador. 2011. 9 de septiembre de 2014. Disponible en internet: <http://cef.uca.edu.sv/descargables/tesis_descargables/disenio_de_maquina_extractora_de_aceite_de_semilla_de_tempate.pdf>

⁴¹ Disponible en internet en:<<http://www.instructables.com/community/Algae-oil/>>

Figura 4.5 Prensa *expeller*, tolva con forma de pirámide truncada y alimentación mecánica.



Fuente: Gemco Energy⁴².

4.1.2.2 Barril o camisa. La camisa, barril o carcasa de tornillo, es un tubo perforado que permite la salida del aceite después del prensado de las semillas (ver figura 4.6). En las prensas de tipo colador la diferencia puede notarse en que el barril es el conjunto de una serie de anillos que protegen al husillo y dejan salir el aceite por medio de los espaciamientos que quedan entre ellos. La ubicación de los agujeros es muy importante, respecto al tornillo, éstos no pueden estar al extremo de éste, ya que debido a la alta presión tiende a salir torta por los mismos. La ubicación idónea debe ser a un quinto del extremo del tornillo, evitándose así el problema de la salida de torta por estos agujeros, y aprovechando que es a esta distancia donde se desarrolla una presión suficiente para expulsar el aceite de las semillas⁴³.

⁴² Disponible en internet en: <<http://www.oil-expellers.com/Product/YZS-95-Oil-Expeller/>>

⁴³ MATA, Ivan Saul ; RODRIGUEZ, Julio Cesar. Diseño de máquina extractora de aceite de semilla de tempate. Antiguo custatlan el salvador. 2011. 9 de septiembre de 2014. Disponible en internet: <http://cef.uca.edu.sv/descargables/tesis_descargables/disenio_de_maquina_extractora_de_aceite_de_semilla_de_tempate.pdf>

Figura 4.6 Camisa del Tornillo



Fuente. Diseño de máquina extractora de aceite de tempate⁴⁴.

4.1.2.3 Reductor de velocidades. Es el dispositivo ubicado entre el motor eléctrico que alimenta la prensa, y el husillo, cuyo fin es reducir la velocidad del motor para que se adapte a la velocidad necesaria para el buen funcionamiento de la máquina, entregando a la salida un menor número de rpm. Está compuesta generalmente de uno o varios pares de engranajes.

4.1.2.4 Bastidor Principal. El bastidor es el elemento que soporta todas las partes del equipo, además de fijar la maquina a una superficie que evita vibraciones en el equipo.

⁴⁴ MATA, Ivan Saul ; RODRIGUEZ, Julio Cesar. Diseño de máquina extractora de aceite de semilla de tempate. Antiguo custatlan el salvador. 2011. 9 de septiembre de 2014. Disponible en internet: <
http://cef.uca.edu.sv/descargables/tesis_descargables/disenio_de_maquina_extractora_de_aceite_de_semilla_de_tempate.pdf>

4.1.2.5 Ajuste de estrangulamiento o cabezal de prensado. Es encontrado en las prensas colador. Posee dos roscas, una para ajustarse a la carcasa de la máquina y otra para instalar la restricción. Para facilitar su instalación, la carcasa posee dos ranuras en su extremo, por las cuales puede colocarse el cuerpo de una llave cualquiera para girar la pieza hasta que quede ajustada. El cabezal de prensado trabaja a presiones elevadas.

4.1.2.6 Dado. El dado es un cilindro de pared gruesa que hace parte del conjunto y que se acopla a un porta dado o en algunos casos directamente a la camisa. Este elemento permite que la torta sea desalojada de la prensa por medio de un orificio que contiene.

4.1.2.7 Transmisión por correas. Son los elementos mecánicos que transmiten el movimiento desde el motor eléctrico hasta la tolva y el husillo de la máquina, su diseño depende de la potencia transmitida.

4.1.2.8 Bandeja de aceite. Es una parte exterior de la máquina, donde el aceite extraído después del prensado es almacenado, con lo que se evita el desperdicio del mismo, ubicado debajo de la ranura del barril o camisa de la prensa.

4.1.3 Similitudes y diferencias entre modelos de prensa

Similitudes.

- La presión y la temperatura a lo largo de la prensa van aumentando debido a las condiciones de operación a las cuales está sometido.
- El mecanismo de transporte de la semilla es el husillo que se encuentra contenido dentro de una camisa o barril, la diferencia entre las prensas es la camisa, aunque su función es la misma.
- En ambas prensas la torta es expulsada por el dado, y el aceite es drenado en los dos casos por unos orificios dispuestos en la camisa.
- El principio de funcionamiento es similar, existen tres zonas típicas en el expeller: alimentación, compresión y dosificación.
- El consumo de energía eléctrica es elevado

Diferencias.

- Por fricción entre los elementos mecánicos, se intercambia calor por convección y conducción. En las prensas de cilindro se encuentra un sistema de refrigeración que evita el exceso de calor entre piezas.
- En la prensa colador se encuentra el ajuste de estrangulamiento, que permite elevar la presión en la cámara de prensado, en la prensa de cilindro hueco este mecanismo no se halla.
- La capacidad de producción en las prensas colador es más elevado, debido al tamaño que posee.
- El rendimiento por kg de semilla en la prensa de cilindro, es mayor.
- La cámara de prensado en una prensa de cilindro hueco, es un solo elemento.

4.2 PROCESO DE EVALUACIÓN, APLICACIÓN Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS O MECANISMOS MINIMOS QUE DEBE TENER EL DISEÑO DE LA MÁQUINA

4.2.1 Introducción. Para realizar una selección apropiada en el diseño de la prensa *expeller* y los elementos del conjunto que hacen parte de la máquina, se realiza una evaluación por medio de puntajes con lo que se analiza la mejor alternativa de acuerdo a nuestros criterios: costo de fabricación, consumo de energía, producción y mantenimiento; la evaluación se hace basado en los dos tipos de *expeller* existentes en la actualidad: prensa de cilindro hueco y prensa colador.

Además de lo anterior, se hace la combinación y mejora de algunas características que poseen los dos dispositivos, lo que se pretende es hacer del diseño de la maquina un modelo con características distintivas y únicas, distintos a los que se han venido desarrollando paulatinamente en el desarrollo de la industria, extrayendo lo mejor de ambos casos y aportando algunos cambios. La caja reductora de velocidades, el ajuste de estrangulamiento y el dado, no son tenidos en la evaluación debido a que son elementos que necesitan de cálculos de accionamiento de la máquina para ser seleccionados.

4.2.2 Proceso de evaluación. En la tabla 4.1, se presenta una evaluación por medio de puntajes, esto se realiza con el fin de analizar las características más relevantes que debe tener la prensa. En el estudio se maneja una escala de cero (1) a tres (3). Donde cero (1) hace referencia al grado de deficiencia y tres (3) al grado de excelencia, de las características definidas que debe tener cada elemento básico de la máquina para su funcionamiento en cuanto a 4 índices mencionados a continuación:

- Costo de fabricación: se busca minimizar el precio de la maquina si se llegara a construir, el precio se ve reflejado en el costo de cada parte del conjunto.
- Consumo de energía: se pretende que el gasto de energía disminuya, ya que en este tipo de máquinas el costo de funcionamiento se eleva considerablemente debido al proceso de prensado.

- **Mantenimiento:** se procura que el operario pueda atender el equipo en un lapso de tiempo corto y que pueda ejecutar las tareas de mantenimiento correspondientes sin que se limiten el correcto funcionamiento de la misma.
- **Producción:** se pretende que se produzcan bienes en un lapso de tiempo determinado y el costo de estos bienes sea económicamente estable y bajo.

Tabla 4.1 Proceso de evaluación de los elementos básicos de la prensa.

EVALUACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA PRENSA		INDICADORES Y GRADOS DE IMPORTANCIA DE LOS ELEMENTOS BASICOS DE LA MÁQUINA					
		Costo de fabricación	Consumo de energía	Mantenimiento	Producción	Total puntaje	
	Peso del indicador	2	3	1	3	Total sin su grado de importancia	total con su grado de importancia
ELEMENTOS	CARACTERISTICA						
TOLVA O ALIMENTADOR	Alimentación manual	3	3	2	1	9	20
	Alimentación Mecánica	1	1	1	3	6	15
CAMISA	Cilindro con huecos perforados	2	3	3	2*	10	22
	Cono con huecos perforados	1	2*	3	2*	8	17
	Conjunto de anillos que forman la camisa	1	3	1	2	7	18
TORNILLO O HUSILLO	Distancia entre hilos constante, con diametro constante	3	3*	2	2*	10	23
	Distancia entre hilos variable, con diametro constante	3	2	2	2	9	20
	Distancia entre hilos variable, con diametro variable (cono)	1*	1*	1	2*	5	12
	Distancia entre hilos constante, con diametro variable (cono)	1	1	1	2*	5	12
BASTIDOR PRINCIPAL	Perfileria en acero	2	3	2	1	8	17
	Perfileria en hierro	3	3	2	2	10	23

NOTA: * puntuación arbitraria del indicador por parte del autor, con el que se pretende explicar el funcionamiento de la máquina si tuviera dicha característica.

Los resultados obtenidos previamente mostrados en la tabla 4.1 señalan que la alimentación manual en la tolva (20 puntos), el cilindro con huecos perforados en la camisa (22 puntos), la distancia entre hilos constante con diámetro constante en el husillo (23 puntos) y la perfilera en hierro para la estructura (23 puntos) son las opciones más adecuadas de acuerdo a nuestros requerimientos y los criterios de evaluación escogidos, debido a que obtuvieron las mayores puntuaciones.

5 DISEÑO DEL EQUIPO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE

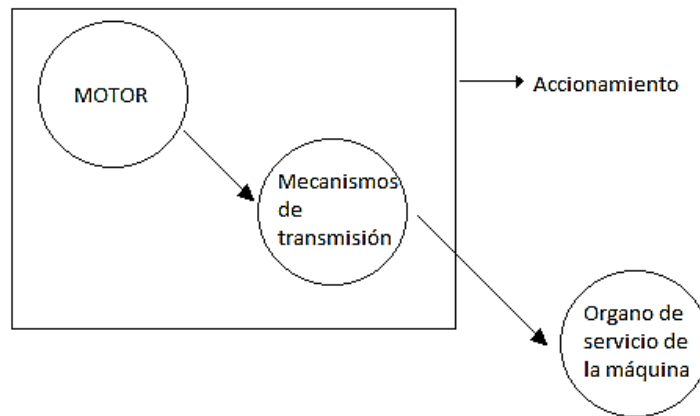
En el presente capítulo, se dispone al diseño completo de la prensa, basado en las normas establecidas que rigen este procedimiento y selección del conjunto de componentes que integran el mando de la máquina; en dicho capítulo se incluye la síntesis del equipo, el cálculo de accionamiento de la máquina, el dimensionamiento de las piezas y finalmente Se procede al esquema del elemento que sirve de soporte a la prensa.

5.1 SINTESIS DEL EQUIPO

La parte de la máquina que sirve para la puesta en marcha del órgano de servicio o trabajo, se llama accionamiento o mando de la máquina. En la mayoría de los casos el accionamiento consiste de un motor (eléctrico, de combustión interna, etc.) y del mecanismo de transmisión de potencia (ver figura 5.1); este mecanismo sirve para transferir la energía mecánica desde la fuente de potencia a la resistencia a vencer o mecanismo de trabajo. En consecuencia el accionamiento es el órgano motriz y se compone de un conjunto de elementos conjugados de tal manera que producen los fines deseados. Entre ellos podemos mencionar los siguientes: arboles, chavetas acoplamientos, rodamientos y cojinetes, elementos de sujeción, armazones, estrellas, poleas, engranajes, correas, cadenas, etc⁴⁵.

⁴⁵ OCAMPO GIL, Luis Fernando. Diseño de accionamientos y transmisiones de máquinas. Universidad Tecnológica de Pereira, 1993, p. 18-19.

Figura 5.1 Accionamiento y órgano de servicio de las máquinas.



Fuente. Diseño de accionamiento y transmisiones de máquinas, Ocampo [17].

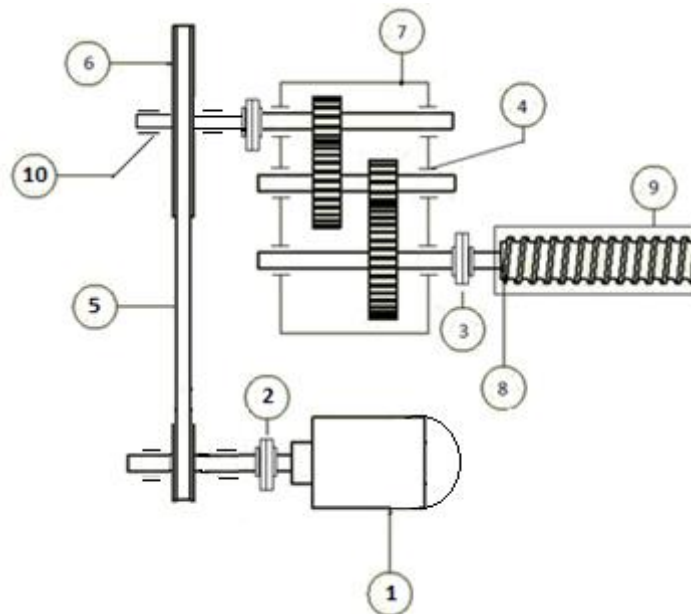
En este caso, se va a utilizar los siguientes elementos que hacen parte del accionamiento y el órgano de servicio de la máquina (ver figura 5.2):

- Un motor eléctrico de corriente alterna asíncrono (1): se escoge debido a su bajo costo, fácil mantenimiento, conexión directa a la red de corriente alterna y alto coeficiente de rendimiento en comparación a un motor de combustión⁴⁶.
- Acoplamientos (2) y (3).
- Rodamientos (4).
- Transmisión por correa de tipo trapezoidal (5) y poleas (6): Bajo costo, ideales para transmitir potencia a altas velocidades, fácil instalación y permiten distancia entre centros relativamente cortas.
- Reductor helicoidal de dos escalones con esquema desplegado (7): son los más difundidos en la práctica de construcción de maquinaria, tienen una relación de transmisión que varía entre 8 y 30⁴⁷.
- Prensa (9) con tornillo sin fin (8).
- Soporte de rodamiento (10).

⁴⁶ OCAMPO GIL, Luis Fernando. Diseño de accionamientos y transmisiones de máquinas. Universidad Tecnológica de Pereira, 1993, p. 332-333.

⁴⁷ Ibid; p.159-160

Figura 5.2 Esquema cinemático del accionamiento.



Fuente: Autor

5.1.1 Especificaciones de cantidad de semillas a procesar: En el departamento de Risaralda se tenía pronosticado para el año 2013 un área sembrada de cultivo del maíz de 333 hectáreas que equivalen a un rendimiento de 5100 kg/ha de maíz anuales, estos datos se soportan debido a que en las fincas donde se cultiva el grano en el departamento, el área dispuesta para el cultivo no excede las 4 hectáreas, dichos datos fueron obtenidos de la secretaria departamental de agricultura de la gobernación de Risaralda⁴⁸; de lo anterior se puede pronosticar que se tienen alrededor de 20400 kg por año de semillas a procesar para cada finca de 4 hectáreas.

La cosecha del cultivo se presenta 2 veces por año. Lo que permite pronosticar que la máquina a diseñar debería trabajar 8 horas al día, 6 días a la semana por 2 meses del año, con estos parámetros o necesidades se pronostica la capacidad que debe tener la máquina (Q), para procesar el total de las semillas cosechadas. A continuación se muestran los cálculos para obtener la capacidad de la máquina.

⁴⁸ Cultivos permanentes y semipermanentes-2012 Risaralda. En: Gobernación de Risaralda [base de datos]. Cultivos transitorios del Risaralda: Pereira, 2013. [citado 03 de octubre de 2013]. Disponible en secretaria de agricultura.

$$Q = \frac{20400 \text{ kg}}{2 \text{ meses} \times 4 \text{ semanas} \times 6 \text{ días} \times 8 \text{ h}} = 53,125 \text{ kg/h}$$

Nota: La capacidad para la prensa es igual, si se procesara la semilla de maní de acuerdo a la producción.

5.1.2 Capacidad de extracción de aceite de maíz y maní: La velocidad de extracción del aceite depende de dos parámetros: el porcentaje de aceite que contenga la semilla (S) y el método de extracción. Para el maíz el porcentaje de aceite contenido en la semilla es de alrededor de 18-20 por ciento y para el maní de 40-50 por ciento por semilla o masa procesada (ver tabla 2.3). De acuerdo a lo anterior se realizaron los cálculos con un 15 y un 30 por ciento respectivamente para cada semilla, ya que los valores mencionados, corresponden a datos teóricos y durante la extracción se pueden presentar pérdidas. La extracción de aceite (E), para las semillas está dada por la siguiente expresión:

$$E = SQ \quad \text{[EC. 5.1]}$$

Dónde:

$$E = 7,97 \text{ kg/h} \quad \text{[Extracción de maíz]}$$

$$E = 15,94 \text{ kg/h} \quad \text{[Extracción de maní]}$$

La conversión de L/h se hace utilizando la densidad de la semilla (ρ):

$$E = \frac{7,97 \text{ kg/h}}{922 \text{ kg/m}^3} = 8,64 \text{ L/h}$$

$$E = \frac{15,94 \text{ kg/h}}{918 \text{ kg/m}^3} = 17,36 \text{ L/h}$$

5.1.3 Presión mínima de extracción: De acuerdo a los ensayos de laboratorio para la semillas de maíz y de maní, la fuerza necesaria para extraer aceite de las semillas (F), fue de 4000 kgf y 5000 kgf respectivamente (Ver cap.4). Mediante la siguiente expresión se puede calcular la presión mínima (Pe), que se debe generar en la prensa para que el aceite sea liberado de los granos; La presión obtenida es la dada por la prensa hidráulica utilizada para determinar la fuerza de extracción mencionada en el capítulo 4.

$$Pe = \frac{F}{\frac{\pi(d)^2}{4}} \quad \text{[EC. 5.2]}$$

Dónde:

$$D = 0,06 \text{ m}$$

[Diámetro del embolo de la prensa hidráulica]

$$P_e = 141,47 \text{ kgf/cm}^2 = 13,87 \text{ MPa} \quad [\text{Presión de extracción de maíz}]$$

$$P_e = 176,83 \text{ kgf/cm}^2 = 17,34 \text{ MPa} \quad [\text{Presión de extracción de maní}]$$

Se puede concluir que la presión mínima que debe generar la prensa para su correcto funcionamiento en cuanto a las semillas analizadas es de 17,34 MPa, la máquina se diseñara con las condiciones más críticas, las cuales están dadas por la semilla de maní.

Para el diseño de la máquina se deben seguir inicialmente los pasos mencionados a continuación: primero, se debe calcular la potencia de accionamiento y las relaciones de transmisión para la máquina, teniendo en cuenta los elementos mecánicos encontrados, seguido se hace el cálculo cinemático de pares de torsión, diámetros previos en el sistema de transmisión, el tipo de correa y las fuerzas que actúan sobre los árboles.

5.2 POTENCIA DE ACCIONAMIENTO: Es la potencia requerida con la cual la máquina trabajara con la exigencia de trabajo para la cual fue diseñada en donde se incluye el arranque en vacío y la potencia de extracción.

$$P_a = P_H + P_N + P_{ST} + P_T \quad [\text{EC. 5.3}]$$

La potencia de desplazamiento (P_H) está dada por:

$$P_H = C_o \frac{QL}{367} \quad [\text{EC.5.4}]$$

Dónde:

$$C_o = 1,2 \quad [\text{Coeficiente de resistencia de material de productos granulosos}]$$

$$L = 0,4 \text{ m} \quad [\text{Longitud del tornillo transportador}]$$

$$Q = 0,05312 \text{ Ton/h} \quad [\text{Capacidad de la prensa}]$$

Es decir que:

$$P_H = 1,2 \times \frac{0,053125 \text{ Ton/h} \times 0,4 \text{ m}}{367} = 9,32 \times 10^{-5} \text{ HP}$$

La potencia de accionamiento el tornillo en vacío (P_N) está dada por:

$$P_N = \frac{DL}{20} \quad [\text{EC.5.5}]$$

Dónde:

$$D = 4 \times D_{\text{semilla}} = 4 \times 17,5 \text{ mm} = 0,07 \text{ m} \quad [\text{Diámetro primitivo del tornillo sin fin}]$$

$$P_N = \frac{0,8 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}}{20} = 0,002145 \text{ HP}$$

La potencia de trabajo o de extrusión de la semilla (P_T), mediante la cual el aceite es liberado se expresa así:

$$P_T = T\omega \quad [\text{EC.5.6}]$$

Dónde:

$$T = Fd_w \quad [\text{Torque en el eje del tornillo}]$$

$$F = 49033,25 \text{ N} \quad [\text{Fuerza necesaria para extraer aceite de la semilla}]$$

$$d_w = 0,027 \text{ m} \quad [\text{Distancia donde actúa el torque medido en el diámetro del tornillo}]$$

$$T = 49033,25 \text{ N} \times 0,027 \text{ m} = 1307,55 \text{ N.m}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{60} n \quad [\text{Velocidad angular del tornillo}]$$

$$n = \frac{v \times 60}{t} \quad [\text{Velocidad de giro del tornillo}]$$

$$t \approx 0,5 \times D = 0,035 \text{ m} \quad [\text{Paso del tornillo}]$$

$$v = \frac{Q}{3600 \times S \times \rho \times K} \quad [\text{Velocidad de desplazamiento del transportador}]$$

$$K = 1 \quad [\text{Coeficiente de inclinación de canalón}]$$

$$\rho = 0,922 \text{ Ton/h} \quad [\text{Densidad del material, maní}]$$

$$s = \lambda \frac{\pi(d)^2}{4} \quad [\text{Área de relleno del canalón}]$$

$$\lambda = 0,32 \quad [\text{Tipo de carga, ligera no abrasiva Maní}]$$

$$s = 0,32 \times \frac{\pi(0,070)^2}{4} = 0,01256 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{0,053125 \text{ Ton/h}}{3600 \times 0,01256 \text{ m}^2 \times 0,922 \text{ Ton/h} \times 1} = 0,01274 \text{ m/s}$$

$$n = \frac{0,01274 \text{ m/s} \times 60}{0,035 \text{ m}} = 25,5 \text{ rpm}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{60} \times 25,5 \text{ Rpm} = 3,14 \text{ rad/s}$$

De lo anterior se obtiene que:

$$P_T = 1307,55 \text{ N.m} \times 3,14 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 4105,71 \text{ W} \approx 5,5 \text{ HP}$$

Por lo tanto la potencia de accionamiento dada en la EC.5.4 es:

$$P_a = P_H + P_N + P_{ST} + P_T = 9,32 \times 10^{-5} \text{ HP} + 0,002145 \text{ HP} + 5,5 \text{ HP} = 5,51 \text{ HP}$$

5.2.1 Cálculo y selección del motor eléctrico: Para determinar la potencia nominal exigida por el motor eléctrico, se hace necesario conocer el rendimiento general del accionamiento de la maquina (η_{gral}) y la relaciones de transmisión general (i_{gral}), tomadas de Ocampo.

$$\eta_{\text{gral}} = \eta_a \times \eta_b \times \eta_c \times n_r^k \quad [\text{EC. 5.7}]$$

$$\begin{aligned} \eta_a &= 0,955 && [\text{Rendimiento por transmision, correa abierta}] \\ \eta_b &= 0,955 && [\text{Rend. Por transmisión en baño de aceite, piñones helicoidales}] \\ \eta_c &= 0,955 && [\text{Rend. Por transmisión en baño de aceite, piñones helicoidales}] \\ \eta_r &= 0,9925 && [\text{Rendimiento por rodamientos}] \end{aligned}$$

De lo anterior el rendimiento general es:

$$\eta_{\text{gral}} = 0,955 \times 0,955 \times 0,955 \times 0,9925^3 = 0,851533$$

La potencia de la maquina (P_M), es dada por Ocampo con la expresión:

$$P_M = \frac{P_a}{\eta_{\text{gral}}} \quad [\text{EC. 5.8}]$$

Dónde:

$$k = 6 \quad [\text{Pares de rodamientos en la prensa}]$$

Es decir que:

$$P_M = \frac{5,51 \text{ HP}}{0,851533} = 6,47 \text{ HP}$$

Después de una serie de cálculos, fue necesario establecer un motor de 7,5 HP para que se cumpliera con las solicitudes del reductor helicoidal, en cuanto al par torsor en el árbol 3 del tornillo sin fin, mostrado en la EC. 5.13.

Se procede al cálculo de la relación de transmisión general (i_{gral}).

$$i_{\text{gral}} = i_a \times i_b \times i_c \times i_d \quad [\text{EC. 5.9}]$$

Los valores recomendados para los tipos de transmisión utilizados son:

$$i_a = (2 - 4) \quad [\text{Transmisión por correa trapezoidal}]$$

$$i_b = (3 - 5) \quad [\text{Transmisión por piñón helicoidal}]$$

$$i_c = (3 - 4) \quad [\text{Transmisión por piñón helicoidal}]$$

Para los valores de relación de transmisión recomendados de menor magnitud:

$$i_{\text{gral}} = 2 \times 3 \times 3 = 18$$

La frecuencia de rotación del motor eléctrico (ω_{motor}), está dado por:

$$\omega_{\text{motor}} = \omega * i_{\text{gral}} \quad [\text{EC. 5.10}]$$

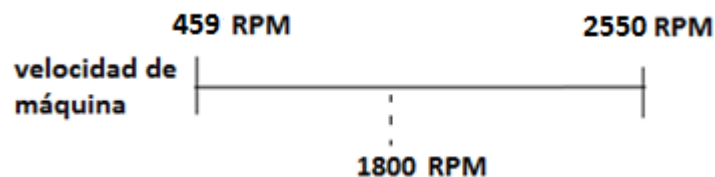
$$\omega_{\text{motor}} = 25,5 \text{ rpm} \times 18 = 459 \text{ rpm}$$

Para los valores de relación de transmisión de mayor magnitud:

$$i_{\text{gral}} = 4 \times 5 \times 5 = 100$$

$$\omega_{\text{motor}} = 25,5 \text{ rpm} \times 100 = 2550 \text{ rpm}$$

Figura 5.3 ω_{motor} , Para los valores recomendados



Fuente. Autor

Determinada la potencia y la frecuencia de rotación de la máquina, se optó por un motor eléctrico para propósito general marca Siemens de referencia M4114/B3 1LA3, uso severo, 220/460 VAC, 3~, 60 Hz, aislamiento clase F, TEFC e IP55,

carcasa en fundición de hierro gris norma IEC tamaño 112, montaje con patas. Eficiencia estándar IE1 87,8 %, Potencia 7,5 HP, velocidad de 1750 rpm. En el Anexo 1, se encuentra la ficha técnica del motor.

5.2.2 Selección de arrancador eléctrico: Para la selección del arrancador es necesario conocer el valor de corriente nominal, $I_{n\acute{o}minal@220V} = 15,8 \text{ A}$ entendiendo que el motor es de uso severo necesita un arranque eléctrico suave, debido a la alta magnitud de corriente nominal requerida para el arranque del motor. Se determina por medio del catálogo de siemens-Colombia, el arrancador eléctrico referencia SIRIUS 3RW3018-18814. Este arrancador cumple con las características necesarias del proceso. En el Anexo 2, se encuentra la ficha técnica del arrancador.

5.2.3 Selección del calibre de los cables: Según la norma NTC 2050 (código eléctrico colombiano sección 430-22), los conductores de los circuitos ramales que alimenten un solo motor, deben tener una capacidad de corriente no menor al 125 por ciento de la corriente nominal del motor a plena carga.

$$I_{seleccionado@220V} = 1.25 \times I_{n\acute{o}minal@220V} \quad [EC. 5.11]$$
$$I_{seleccionado@220V} = 1,25 \times 15,8 \text{ A} = 19,75 \text{ A}$$

En Colombia comercialmente, se encuentran cables que soportan 75 °C; para este caso se necesitan 4 cables (3 fases y 1 tierra). Según la tabla 310-16 del código eléctrico colombiano, y con la corriente seleccionada, se optó por el conductor 8AWG con referencia THW cobre, cuya sección transversal es de 8,36 mm².

De acuerdo a lo anterior se necesita una tubería conduit de PVC verde, tamaño comercial de 1 pulgada.

5.2.4 Cálculo de las relaciones de transmisión finales: En el reductor de velocidad de dos escalones, el primer par de engranajes se considera rápido, lo que indica que tiene una relación de transmisión rápida (i_b); los segundos pares de engranajes se consideran lentos y por ende su relación de transmisión se considera la relación de transmisión lenta (i_c); se conoce que en los reductores de 2 ó 3 escalones la relación de transmisión varía entre 8 y 30, teniendo un valor máximo de 50. La mayoría de los motores tienen las RPM a plena carga indicada en su placa, esta es la velocidad a que se espera opere el motor cuando acciona su carga nominal y es típicamente de 1 por ciento a 4 por ciento menor que la velocidad síncrona, para el motor con un velocidad síncrona de 1800 rpm, la velocidad a plena carga ($\omega_{\text{motor real}}$) es de 1750 RPM aproximadamente. Según Ocampo la relación de transmisión del reductor está dada por:

$$i_R = \frac{\omega_{\text{motor real}}}{\omega_{\text{salida del reductor}} \cdot i_a} \quad [\text{EC.5.12}]$$

$$i_R = 29,17 \leq 30$$

Dónde:

$$i_a = 2 \text{ (Asumido)}$$

Las relaciones de transmisión, quedan de la siguiente manera de acuerdo a lo calculado y a las solicitaciones para el reductor mostrado en la sección 8.3.8:

$$i_a = 2$$

$$i_R = 29,17$$

5.2.5 Cálculo de las velocidades de giro de los arboles: El árbol de entrada 1 que se conecta a la polea conductora, gira a la velocidad del motor eléctrico (ω_I); el árbol 2 donde se encuentra la polea conducida y que conecta al reductor mediante un acople flexible gira a (N_{II}). Finalmente el árbol 3 que se acopla al reductor gira a la velocidad de la prensa (N_{III}).

$$N_I = 1750 \text{ rpm}$$

$$N_{II} = \frac{N_{\text{motor real}}}{i_a}$$

$$N_{II} = \frac{1750}{2} = 875 \text{ rpm}$$

$$N_{III} = \frac{N_{II}}{i_R} = \frac{875 \text{ rpm}}{29,17} = 30 \text{ RPM}$$

5.2.6 Momentos torsores en arboles: Estos valores de momentos torsores sin el cálculo de las pérdidas está dado por la ecuación:

$$T = \frac{P_M \times 60}{2\pi \times N} \quad [\text{EC.5.13}]$$

Donde la potencia del motor debe de estar en watts.

$$P_M = 7,5 \text{ HP} \times \frac{745,699 \text{ W}}{1 \text{ HP}} = 5592,74 \text{ W}$$

De lo anterior, se calcula el par torsor sometido en cada árbol.

$$T_I = \frac{P_M \times 60}{2\pi \times N_I} = \frac{5592,74 \text{ W} \times 60}{2\pi \times 1750 \text{ rpm}} = 30,52 \text{ N. m}$$

$$T_{II} = \frac{P_M \times 60}{2\pi \times N_{II}} = \frac{5592,74 \text{ W} \times 60}{2\pi \times 875 \text{ rpm}} = 61,04 \text{ N. m}$$

$$T_{III} = \frac{P_M \times 60}{2\pi \times N_{III}} = \frac{5592,74 \text{ W} \times 60}{2\pi \times 30 \text{ rpm}} = 1780,23 \text{ N. m}$$

5.2.7 Selección del reductor de velocidad. La selección del reductor de velocidad se hace mediante el uso la relación de transmisión del reductor (i_R) y el par en el árbol del tornillo sin fin (T_{III}) esencialmente. La relación de la transmisión del reductor es necesaria ya que permite generar la velocidad necesaria a la salida del reductor y el par torsor es indispensable, debido a que evita la falla en los arboles unidos mediante el acople flexible; además de lo anterior se requiere la siguiente información para la selección adecuada del reductor.

DE LA APLICACIÓN.

Máquina: prensa expeller

Aplicación: Extracción de aceite de maíz y de maní.

Horas trabajo / día: 8

Arranques por hora: 1

Ambiente de trabajo: condiciones ambiente.

Temperatura ambiente: 25 °C

PARA EL MOTORREDUCTOR (O REDUCTOR).

Equipo: Reductor

Tipo: Helicoidal coaxial (180°)

Eje de salida: Macizo

Montaje: Patas

Posición de montaje: Vertical
Velocidad de entrada (rpm): 875
Relación de reducción (i_R): 29,17:1
Velocidad de salida (rpm): 30
Torque a la salida del reductor, $T_{III} = 1780,23 \text{ N.m}$

Motor: Voltaje: Trifásico (220/440)
Potencia (HP): 7,5
Velocidad (rpm): 1750

Determinados los requerimientos para la aplicación se determina que el reductor seleccionado es el RG07-211-29.68-B3; marca Ramfé, tipo helicoidal coaxial, montaje con patas, eje de entrada macizo de 42 mm y eje de salida de 60 mm, para acoplar por poleas 2:1 a motor eléctrico de 7,5 HP a 1750 RPM con un par de 1650 RPM y velocidad de entrada 875 rpm. En el Anexo 3, se encuentra la ficha técnica del reductor.

Figura 5.4 Reductor RG07-211-29.68-B3.



Fuente. Industrias Ramfé S.A.S

5.2.8 Determinación de los diámetros previos de los árboles: Los diámetros de los árboles para diferentes transmisiones, se calculan con base a ciertas consideraciones de construcción, inicialmente, se desprecia el momento flector. Para arboles macizos, la expresión de cálculo es dada por Ocampo [17]:

$$D = \sqrt[3]{\frac{16 \times T}{\pi \times \tau_{\text{admisible}}}} \quad [\text{EC.5.14}]$$

El esfuerzo cortante admisible ($\tau_{\text{admisible}}$), varía entre $25 \text{ MPa} \leq \tau_{\text{admisible}} \leq 50 \text{ MPa}$. En el árbol 3, se presentan las mayores relaciones, entre el momento flector y el torsor lo que permite asumir un $\tau_{\text{admisible}}$ mayor a todos; en el árbol 1 y 2, se presentan las menores relaciones, entre el momento flector y el torsor lo que permite asumir un $\tau_{\text{admisible}}$ menor.

Los valores para $\tau_{\text{admisible}}$, son asumidos de acuerdo a lo anteriormente mencionado es decir:

$$\tau_{\text{admisible I}} = \tau_{\text{admisible II}} = 50 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\text{admisible III}} = 45 \text{ MPa}$$

En el árbol 1:

$$D_1 = \sqrt[3]{\frac{16 \times T_I}{\pi \times \tau_{\text{admisible}}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \times 30,58 \text{ N.m}}{\pi \times (50 \times 10^6 \text{ Pa})}} = 0,015 \text{ m} = 15 \text{ mm.}$$

(15+5) mm = 20 mm \longrightarrow 25 mm debido a los diámetros normalizados para rodamientos de bolas

(15+10) mm = 25 mm \longrightarrow 30 mm debido a los diámetros normalizados para ejes.

En el árbol 2:

$$D_2 = \sqrt[3]{\frac{16 \times T_{II}}{\pi \times \tau_{\text{admisible II}}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \times 61,04 \text{ N.m}}{\pi \times (50 \times 10^6 \text{ Pa})}} = 0,01838 \text{ m} \approx 19 \text{ mm}$$

(19+5) mm = 24 mm \longrightarrow 25 mm debido a los diámetros normalizados para rodamientos de bolas

(19+10) mm = 29 mm \longrightarrow 30 mm debido a los diámetros normalizados para ejes.

En el árbol 3:

$$D_3 = \sqrt[3]{\frac{16 \times T_{III}}{\pi \times \tau_{\text{admisible III}}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \times 1780,23 \text{ N.m}}{\pi \times (55 \times 10^6 \text{ Pa})}} = 0,05715 \text{ m} \approx 58 \text{ mm}$$

(58+5) mm = 63 mm \longrightarrow 65 mm debido a los diámetros normalizados para rodamientos de bolas

(58+10) mm = 68 mm \longrightarrow 70 mm debido a los diámetros normalizados para ejes

A partir de los valores encontrados anteriormente, y por criterio del diseñador se eligió que los diámetros de los arboles 1 y 2 serán iguales a los diámetros de los ejes del motor y del reductor; lo que permite facilidad en el ensamble y a su vez, se cumple con los diámetros mínimos de diseño que permite resistir las cargas variables a las cuales los cuerpos están sometidos.

5.2.9 Determinación del tipo de correa: Para encontrar la potencia de diseño (P_d), se aplica la siguiente ecuación según Ocampo [17].

$$P_d = P_M \times K_S \quad [EC.5.15]$$

Dónde:

$$K_S = 1,4 \quad [\text{Coeficiente de servicio, tornillo sin fin y motor eléctrico}]$$

Es necesario encontrar un valor real de K_S , ya que el seleccionado es uno provisional, como se necesita incluir las jornadas diarias de trabajo de la máquina, al valor de K_S se le debe sumar 0.2 por 8 horas de servicio diarias.

$$K_S = 1,6$$

Finalmente es posible calcular la potencia de diseño (P_d), teniendo en cuenta que la potencia de la maquina (P_M), debe estar en caballos de vapor CV.

$$P_d = 7,5 \text{ HP} \times \frac{745,699 \text{ CV}}{735,498 \text{ HP}} \times 1,6 = 12,17 \text{ CV}$$

En Ocampo [17] (Tabla 2), con las rpm reales de trabajo (1750) y con la potencia de diseño se encuentra el tipo de correa. Esto nos indica una correa TIPO B.

5.2.9.1 Selección del diámetro de las poleas. Para la selección de las poleas según Ocampo [17], (tabla 2.7), para correas tipo B, el diámetro mínimo recomendado de la polea conductora D_1 , es 4,6 pulgadas.

Tomando como diámetro $D_1 = 5 \text{ pulg}$, y con la relación de transmisión por correa trapezoidal i_a , se puede calcular el diámetro de la polea conducida D_2 .

$$i_a = \frac{D_2}{D_1 \times (1-k)} \quad [EC.5.16]$$

Donde:

$$K = 0,01$$

Es decir:

$$D_2 = (1 - 0,01) \times 5 \text{ Pulg} \times 2 = 9,9$$

Según la recomendación de la tabla 2,7 el diámetro normalizado para la polea es de 11 pulg, utilizando correa tipo B. El catálogo de las poleas INTERMEC es mostrado en el Anexo 4.

5.2.9.2 Potencia nominal por correa (p_{nc}): Para encontrar esta potencia, se aplica la siguiente ecuación, según Ocampo [17]:

$$p_{nc} = \left\{ a \times \left(\frac{10^3}{V_1} \right)^{0.09} - \frac{b}{k_d \times D_1} - c \times \left(\frac{V_1}{10^3} \right)^2 \right\} \times \frac{V_1}{10^3} \quad [\text{EC.5.17}]$$

Dónde:

$a = 14,11$	[Coeficiente por tipo de correa]
$b = 117,69$	[Coeficiente por tipo de correa]
$c = 0,83$	[Coeficiente por tipo de correa]
$k_d = 1,13$	[Coeficiente de diámetro]
$V_1 = \frac{\pi \times N_1 \times D_1}{60000}$	[Velocidad periférica de la correa]
$D_1 = 5 \text{ in}$	[Diámetro primitivo normalizado de la polea conductora en catalogo]
$\frac{D_2}{D_1} = 2,2$	[Relación de diámetro de poleas]
$D_2 = 11 \text{ in}$	[Diámetro primitivo normalizado de la polea conducida]

$$V_1 = \frac{\pi \times 1750 \text{ rpm} \times 5 \text{ in} \times 25,4 \text{ mm}}{60000} = 11,637 \text{ m/s} = 698,22 \text{ m/min}$$

De lo anterior se tiene que la potencia nominal por correa es de:

$$p_{nc} = 4,17 \text{ CV}$$

5.2.9.3 Distancia mínima entre centros

$$A = \left(\frac{D_1 + D_2}{2} \right) + D_1 \quad [\text{EC.5.18}]$$

$$A = \left(\frac{5 \text{ in} + 11 \text{ in}}{2} \right) + 5 \text{ in} = 13,5 \text{ in} = 0,33 \text{ m}$$

Se determinó una distancia de 0,75 m \approx 29,53 in, entre los dos centros de las poleas, debido a que es necesario incluir las dimensiones de los demás elementos que hacen parte del conjunto de la máquina, incluyendo las dimensiones del bastidor.

5.2.9.4 Longitud de la correa y selección:

$$L = 2A + \frac{\pi}{2} \times (D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4A} \quad [\text{EC.5.19}]$$

$$L = 2 \times 29,53 \text{ in} + \frac{\pi}{2} \times (5 \text{ in} + 11 \text{ in}) + \frac{(11 \text{ in} - 5 \text{ in})^2}{4 \times 29,53 \text{ in}} = 84,50 \text{ in} = 2146,3 \text{ mm}$$

A continuación se va al catálogo de correas industriales DAYCO en la sección correas trapeciales de sección convencional Tipo B84 con una longitud primitiva o desarrollo primitivo de 2177 mm, que cumple con los criterios de diseño mostrados en el Anexo 5.

Con la longitud normalizada de la correa, se recalcula la distancia entre centros de las poleas, según Ocampo [17]:

$$AP = \frac{B \pm \sqrt{B^2 - 32(D_2 - D_1)^2}}{16} \quad [\text{EC.5.20}]$$

Dónde:

$$B = 4 \times L - 2\pi \times (D_1 + D_2)$$

$$B = 242,35$$

$$AP = \frac{242,35 \text{ in} \pm \sqrt{(242,35 \text{ in})^2 - 32(11 \text{ in} - 5 \text{ in})^2}}{16} = 15,77 \text{ in} = 400,7 \text{ mm}$$

5.2.9.5 Número de correas en poleas: Para encontrar el número de correas necesarias para la transmisión de la potencia de la polea conductora a la conducida, es necesario encontrar el valor de la potencia nominal por correa corregida (p_{ncc}). La cantidad de correas según Ocampo [17], está dado por:

$$\# \text{ CORREAS} = \frac{P_d}{p_{ncc}} \quad [\text{EC.5.21}]$$

Dónde:

$$p_{ncc} = p_{nc} \times K_L \times K_\theta$$

$$K_L = 0,9515 \quad [\text{Coeficiente en tabla 2-16 Ocampo}]$$

$$K_\theta = 0,96 \quad [\text{Coeficiente en tabla 2-17 Ocampo}]$$

$$p_{ncc} = 4,17 \times 0,9515 \times 0,96 = 4,0 \text{ CV}$$

Con los datos encontrados anteriormente, se puede hallar el número de correas necesarias para la transmisión correcta de potencia:

$$\# \text{ CORREAS} = \frac{12,17 \text{ CV}}{4 \text{ CV}} = 3 \text{ CORREAS}$$

5.2.10 Elección de chaveta: Las chavetas son elementos mecánicos desmontables, que al ser montados en chaveteros son un medio positivo para transmitir par de torsión, entre el árbol y el cubo. El proceso de cálculo es el siguiente según Ocampo [17]:

- Se encuentran las dimensiones transversales(a y b) en dependencia del diámetro del árbol.
- Se determina la longitud de la chaveta (L), teniendo en cuenta compresión y cizalladura y se toma el mayor valor de ellos.

Árbol 1:

$$a = 6,4 \text{ mm} = 0,64 \text{ cm} \quad [\text{Altura de la chaveta en tabla 10-12}]$$

$$b = 9,5 \text{ mm} = 0,95 \text{ cm} \quad [\text{Anchura de la chaveta en tabla 10-12}]$$

$$L_{1c} = \frac{4 \times T_1}{\sigma_f \times a \times D_1} \quad [\text{Longitud de la chaveta-compresión}]$$

$$L_{1c} = 1,14 \text{ cm} = 11,41 \text{ mm}$$

$\sigma_f = 179 \text{ MPa} = 1825,29 \text{ kgf/cm}^2$, Esfuerzo de fluencia a la tracción, para acero 1010 de la chaveta, Tabla A-3.2 Useche [20]:

$$L_{1z} = \frac{2 \times T_I \times N}{0,6 \times \sigma_f \times b \times D_2} \quad [\text{Longitud de la chaveta-cizalladura}]$$

$$L_{1z} = 0,64 \text{ cm} = 6,4 \text{ mm}$$

Se escoge $L = 11,41 \text{ mm}$ como longitud mínima de la chaveta

Árbol 2: en este elemento se encuentran 2 chavetas, en la polea donde el diámetro es 48 mm y para el acople con el reductor donde el diámetro es de 42 mm (mismas consideraciones de árbol 1).

$$a = 9,5 \text{ mm} = 0,95 \text{ cm} \quad [\text{Altura de la chaveta en tabla 10-12}]$$

$$b = 12,7 \text{ mm} = 1,27 \text{ cm} \quad [\text{Anchura de la chaveta en tabla 10-12}]$$

$$L_{1c} = \frac{4 \times T_{II} \times N_{II}}{\sigma_f \times a \times D_1}$$

$$L_{1c} = 1,35 \text{ cm} = 13,5 \text{ mm} \quad [\text{Longitud de la chaveta-compresión}]$$

$$L_{1z} = \frac{2 \times T_{II} \times N_{II}}{0,6 \times \sigma_f \times b \times D_2}$$

$$L_{1z} = 0,84 \text{ cm} = 8,39 \text{ mm} \quad [\text{Longitud de la chaveta-cizalladura}]$$

Se escoge 13,5 mm como longitud mínima de la chaveta.

De acuerdo al catálogo normalizado de chavetas ISO, que depende del diámetro de la sección; las dimensiones de las chavetas recomendadas son:

En el árbol 1:

Altura= 6, Anchura=12, Longitud=40

En el árbol 2:

Para la sección con diámetro 48 mm: Altura=7 mm, Ancho=18 mm, Longitud=50 mm

Para la sección con diámetro 42 mm: Altura= 6 mm, Anchura=12 mm, Longitud=40 mm

Las dimensiones serán las especificadas según la norma ISO, finalmente en el diseño.

5.2.11 Selección de acoplamientos. Para la correcta selección de un acoplamiento es necesario tener la siguiente información tomada de Intermecc S.A⁴⁹

HP Y RPM del motor: 7,5 HP a 1750 RPM

Tipo de aplicación: Extracción de aceite virgen por compresión

Diámetros de los arboles: 28 mm, 42 mm y 60 mm.

Condiciones ambientales a las que se va a ver sometido el acople:

Condiciones normales a temperatura ambiente.

- **Calculo del torque nominal (Tn):** el cálculo del par torsor se realiza mediante la siguiente formula:

$$T_n = \frac{HP \times 63025}{RPM} \quad [EC.5.22]$$
$$T_n = \frac{7,5 \text{ HP} \times 63025}{1750 \text{ RPM}} = 270,11 \text{ Lb} - \text{Pulg}$$

- **Factor de servicio apropiado:** Se determina según la tabla 8.1

⁴⁹ Intermecc S.A. Acoples para ejes. Bogotá-Colombia. 06 de marzo de 2015. Disponible en internet en: <<http://www.intermecc.com.co/acoples.php>>.

Tabla 5.1 factor de servicio de máquina para la utilización de acoples

TIPO DE TRABAJO O MÁQUINA	Motor Eléctrico		Motor Eléctrico			
	Torque estándar	Alto torque	4 o más cilindros	3 cilindros	2 cilindros	1 cilindro
Operación uniforme: Ejemplo: Bombas hidráulicas y centrifugas, generadores livianos, ventiladores, sopladores, transportadores de banda y tornillo	1.0	1.25	1.5	1.7	2.0	2.7
Operación uniforme con fluctuación moderada: Maquinas para el trabajo de la madera, molinos, maquinaria textil, mescladores	1.6	1.8	2.0	2.3	2.5	3.0
Operación fluctuante: Hornos rotativos, maquinas litográficas y de impresión, generadores, bombas para líquidos viscosos.	1.8	1.9	2.2	2.5	2.7	3.1
Operación fluctuante con choques: Mescladoras de concreto, martinets, molinos para papel, bombas de compresión, bombas de propela, entorchadoras de cable, centrifugas.	1.8	2.0	2.5	2.7	3.0	3.4
Operación muy fluctuante con choques: Excavadoras, molinos de bolas, bombas de pistón, prensas de forja y estampado	2.1	2.3	2.7	3.0	3.4	3.8
Trabajo pesado, muy fluctuante con choque fuertes: Compresores y bombas de pistón, movimiento de rodillos pesados, extrusoras de ladrillo, prensas de mandíbula para moler piedra.	2.5	3.1	3.3	3.6	4.0	4.5

Se utiliza un FS de 1,8 para tipo de trabajo con operación fluctuante utilizando un motor eléctrico.

- **Calculo del par torsor de diseño (Td):** Se calcula mediante la expresión

$$T_d = T_n \times F_s \quad [EC.5.23]$$

$$T_d = 270,11 \text{ lb – Pulg} \times 1.8 = 486,19 \text{ lb – Pulg}$$

- **Elección de acople en catalogo:** El tipo de acople a utilizar se elige respecto al valor del par torsor nominal y el par de diseño en el catálogo, teniendo en cuenta que estos deben de ser superiores a los calculados, se recomienda usar una manzana estándar de un lado (árbol de menor diámetro) y una manzana extra-grande del otro (árbol de mayor diámetro). Para este caso en particular de recomienda un acople Interflex No. GE24 el cual se acomoda a las exigencias particulares de diseño para todos los árboles. El catalogo del acople es mostrado en el Anexo 6.

6 COMPROBACION DE LA RESISTENCIA MECÁNICA

Los árboles que hacen parte del conjunto de la máquina, analizados a continuación están sometidos a torsión, flexión, carga axial y fuerzas cortantes, y al menos alguna de estas cargas es variable (en un árbol girando sometido a un momento flector constante, actúan esfuerzos normales variables). Como los esfuerzos en los árboles son combinados y variables, debe aplicarse la teoría de fatiga para esfuerzos combinados con Von Mises.

El diseño de los arboles comprende básicamente la selección del material, la configuración geométrica del árbol y la verificación de la resistencia a la fatiga.

6.1 DISEÑO DE LOS ARBOLES BAJO LA TEORIA DE FATIGA POR VON MISES

6.1.1 Selección del material. Para la selección del material de los árboles se recomienda utilizar arboles de acero de bajo carbono ya que son los más utilizados, de bajo costo y que resisten las cargas variables a las que son sometidos en la mayoría de los casos; debido a esto se optó por escoger un acero 1045 laminado en caliente con las propiedades mecánicas mostradas en la tabla 9.1 tomados de Sidelpa S.A⁵⁰.

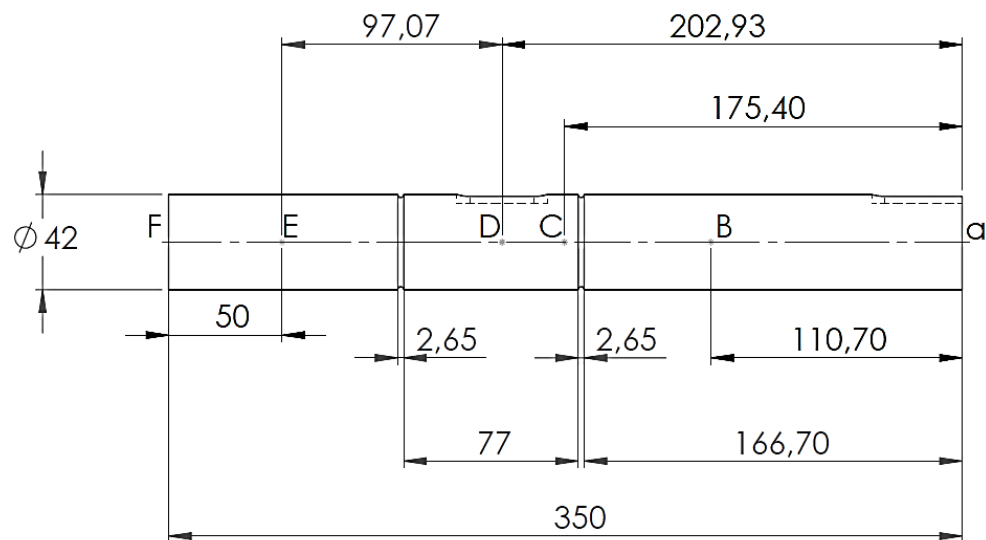
Tabla 6.1 Propiedades mecánicas del acero AISI 1045.

Material		Resistencia de fluencia en tracción S_y (0.2%)		Esfuerzo último en tracción S_u		Elongación (en 2 in)	Dureza Brinell
SAE/AISI	Estado	ksi	MPa	ksi	MPa	%	HB
1045	Laminado en caliente	45	310	82	565	16	163
	Laminado en frío	77	531	91	627	12	179

⁵⁰ VANEGAS USECHE, Libardo; Blog de la UTP-Diseño 1-Apendices. PEREIRA. 2015. 10 de Febrero de 2015. Disponible en internet: < <http://blog.utp.edu.co/lvanegas/dis1/> >

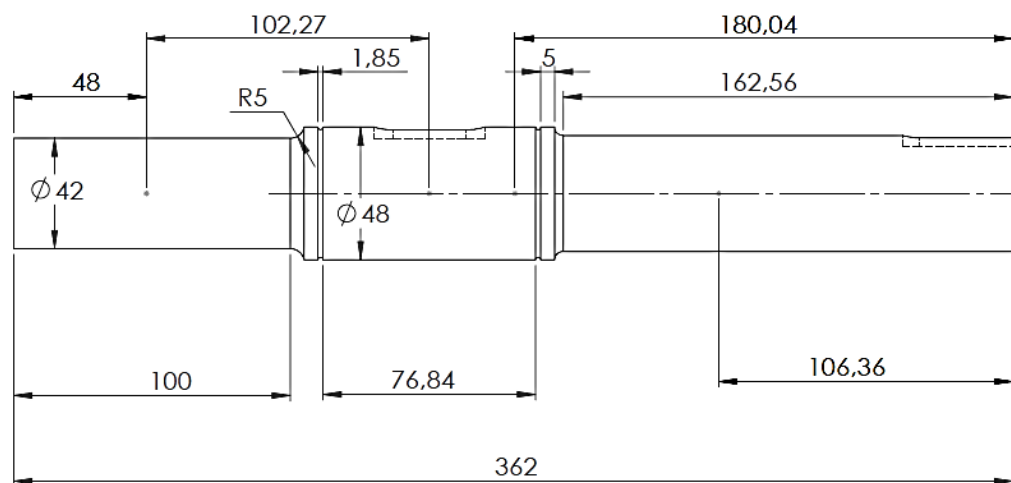
6.1.2 Configuración geométrica de los árboles. Para determinar las dimensiones de los árboles se tendrá en cuenta los elementos que se montan sobre ellos, el fácil montaje y desmontaje, las discontinuidades, los cambios bruscos de sección, el costo de fabricación y las dimensiones del eje de salida del motor que se une al árbol 1 y del reductor que se une al árbol 2 mediante los acoples flexibles, El árbol 1 es mostrado en la figura 6.1.

Figura 6.1 Dimensiones del árbol 1.



Fuente. Autor

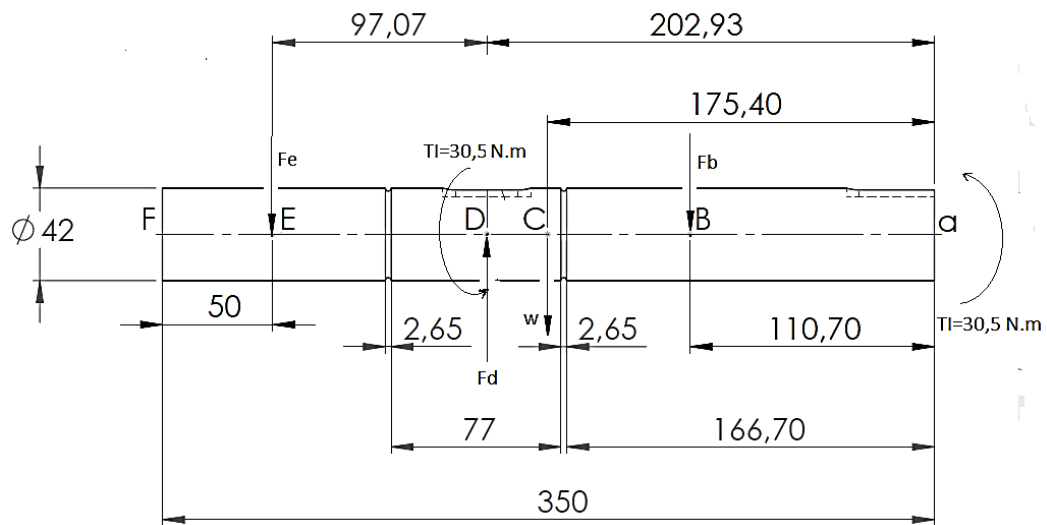
Figura 6.2 Dimensiones del árbol 2.



Fuente. Autor

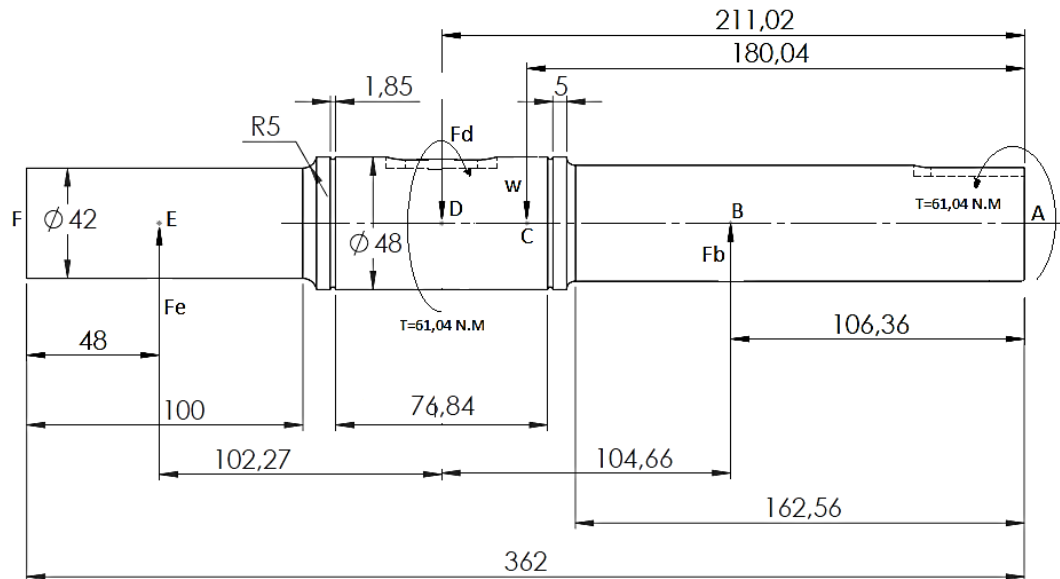
6.1.3 Resistencia en los árboles. En los árboles 1 y 2 se presentan fuerzas axiales y tangenciales que generan esfuerzos por flexión, torsión y cortante, a continuación se muestran las cargas a las cuales se encuentran sometidos los árboles.

Figura 6.3 Fuerzas externas y par torsor a los cuales se ve sometido el árbol 1.



Fuente. Autor

Figura 6.4 Fuerzas externas y par torsor a los cuales se ve sometido el árbol 2.



Fuente. Autor

Para determinar la sección que está sometida a las mayores cargas, es necesario inicialmente calcular las fuerzas externas que actúan sobre el elemento y las reacciones en los apoyos; esto se hace con el fin de hacer la construcción del diagrama de cuerpo libre para las diferentes sollicitaciones a las cuales el árbol se ve sometido con el uso de los diagramas de pares de torsión, flexión y fuerzas axiales. Que permiten finalmente encontrar la sección más crítica del árbol

6.1.3.1 Cálculo de reacciones, fuerzas externas, diagramas de fuerza cortante, momento flector y par torsor en árbol 1.

Para encontrar la posición exacta del peso del árbol 1, fue necesario su construcción en el CAD solidworks 2014. El peso del árbol está dado por:

$$w = m \times g = 3775,09 \text{ g} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 36,99 \text{ N}$$

Para determinar la fuerza en la polea (F_p) se hace uso de lo siguiente:

En la polea existen 2 fuerzas, F_1 y F_2 , que son componentes de F_p y que producen pares de torsión.; F_1 es la fuerza del lado tenso y F_2 es la fuerza del lado flojo, dichos pares tienen sentidos contrarios y, por lo tanto, se deben restar y multiplicar por el radio primitivo de la polea (r). Entonces, el par de torsión resultante producido por las fuerzas en la polea (T_I) está dado por:

$$T_I = T_{F2} - T_{F1} \quad [\text{EC.6.1}]$$

$$T_I = F_2 \times r - F_1 \times r$$

Las Fuerzas en lados flojos y tirantes esta dado por

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{3\theta_1 f} \quad [\text{EC.6.2}]$$

Pondremos como condición inicial que el material de la polea es hierro-acero, y el material de la correa es caucho. Vamos a la gráfica de coeficiente de rozamiento $f = 0,30$ tabla 2-9 de Ocampo [17].

$$\theta_1 = 180^\circ \times \left[1 - \frac{1}{\pi} \times \left(\frac{D_2 - D_1}{AP} \right) \right] \quad [\text{EC.6.3}]$$

$$\theta_1 = 180^\circ \times \left[1 - \frac{1}{\pi} \times \left(\frac{11'' - 5''}{15,77''} \right) \right]$$

$$\theta_1 = \frac{158,20 \times \pi}{180^\circ} = 2,7611 \text{ rad}$$

$$F_E = F_1 + F_2$$

$$F_1 = e^{3\theta_1} \times F_2 = 12 \times F_2 \quad [1]$$

$$T_1 = 30,51 \text{ N.M}$$

$$T = (F_2 - F_1) \times r \quad [2]$$

$$r = 0,0254 \text{ m}$$

Con el par de torsión resultante $T_1 = 30,51 \text{ N.m}$, calculado en la sección 5.3.7, se puede calcular la fuerza en el lado flojo F_2 .

$$F_2 = 40,03 \text{ N}; \text{ Es decir } F_1 = 480,38 \text{ N}$$

La suma de las componentes en la polea determina la fuerza resultante F_d :

$$F_d = F_1 + F_2 = 520,41 \text{ N}$$

Para el cálculo de las reacciones se plantean las ecuaciones de equilibrio en el árbol 1:

$$\begin{aligned} \sum F_x = 0; F_d - w + F_b + F_e &= 0 \\ 520,41 \text{ N} - 36,996 \text{ N} + F_b + F_e &= 0 \end{aligned}$$

$$\sum M_E = 0$$

$$-M_A - (F_d \times 97,07 \text{ mm}) + (w \times 124,6 \text{ mm}) - (F_b \times 189,3 \text{ mm}) = 0$$

$$-(520,41 \text{ N} \times 97,025 \text{ mm}) + (36,996 \text{ N} \times 124,6 \text{ mm}) - (F_b \times 189,3 \text{ mm}) = 0$$

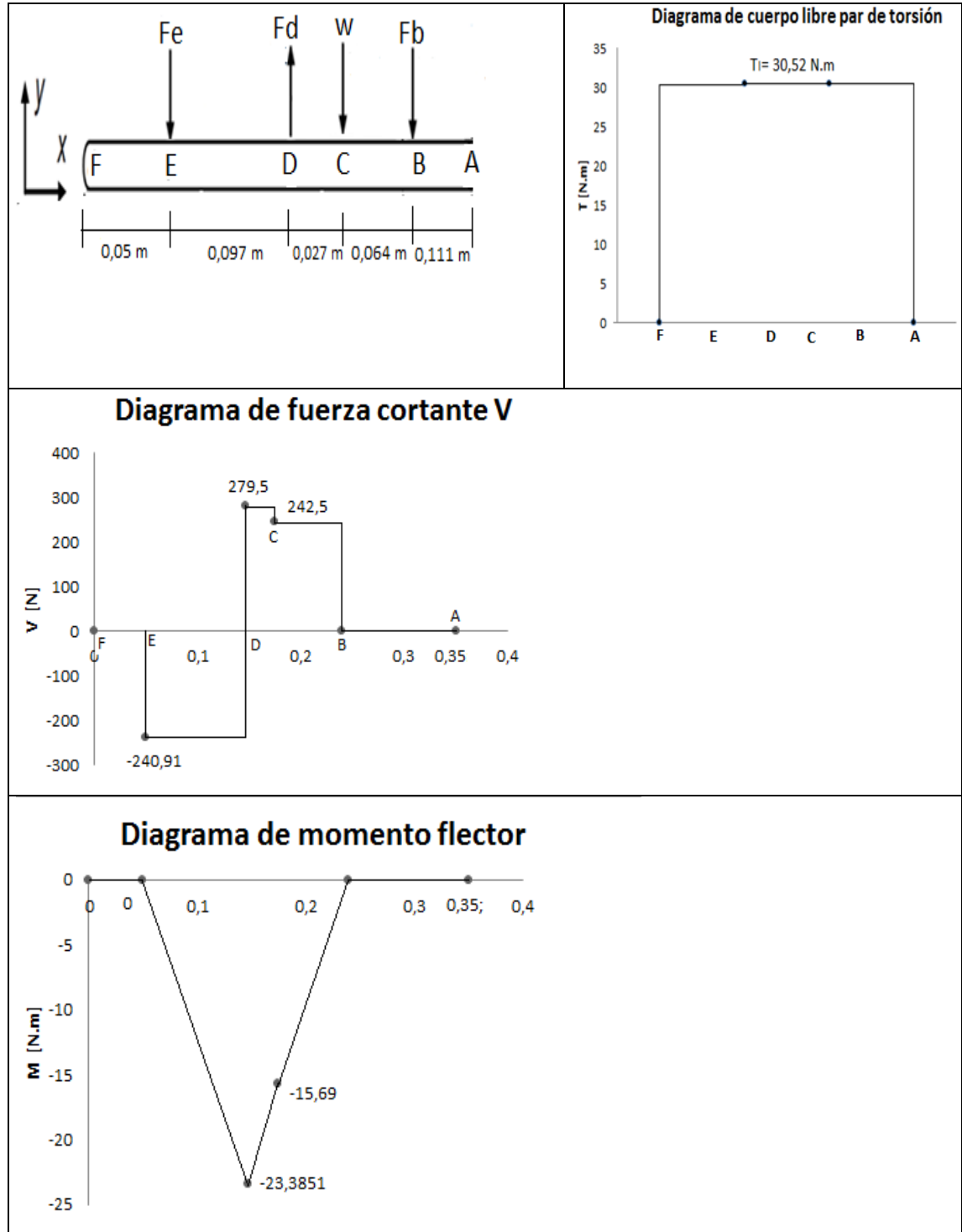
Resolviendo el sistema de ecuaciones:

$$F_b = 242,51 \text{ N}$$

$$F_e = 240,91 \text{ N}$$

Con los resultados obtenidos anteriormente es posible construir los diagramas de fuerza cortante, momento flector y par torsor (ver figura 9,7), mencionando que se desprecia el pequeño ángulo que la fuerza resultante de la polea (F_p) genera con el eje.

Figura 6.5 Diagramas de fuerzas cortantes, momento flector resultante y par torsor en el árbol 1.



Fuente. Autor

6.1.3.2 Cálculo de reacciones, fuerzas externas, diagramas de fuerza cortante, momento flector y par torsor en árbol 2.

Para encontrar el peso del árbol 2, se hizo su construcción en el CAD solidworks 2014. El peso del árbol está dado por:

$$w = m \times g = 4097,73 \text{ g} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 40,20 \text{ N}$$

La fuerza en la polea (F_p) es la misma calculada en la sección 6.1.3.1, pero en sentido contrario.

$$F_d = F_1 + F_2 = 520,41 \text{ N}$$

Para el cálculo de las reacciones se Plantean las ecuaciones de equilibrio en el árbol 2:

$$\sum F_x = 0; F_b - w - F_d + F_e = 0$$

$$\sum M_e = 0; (W \times 133,25 \text{ mm}) + (F_d \times 102,27 \text{ mm}) - (F_b \times 206,93 \text{ mm}) = 0$$

$$(40,20 \times 133,25 \text{ mm}) + (520,41 \times 102,27 \text{ mm}) - (F_b \times 206,93 \text{ mm}) = 0$$

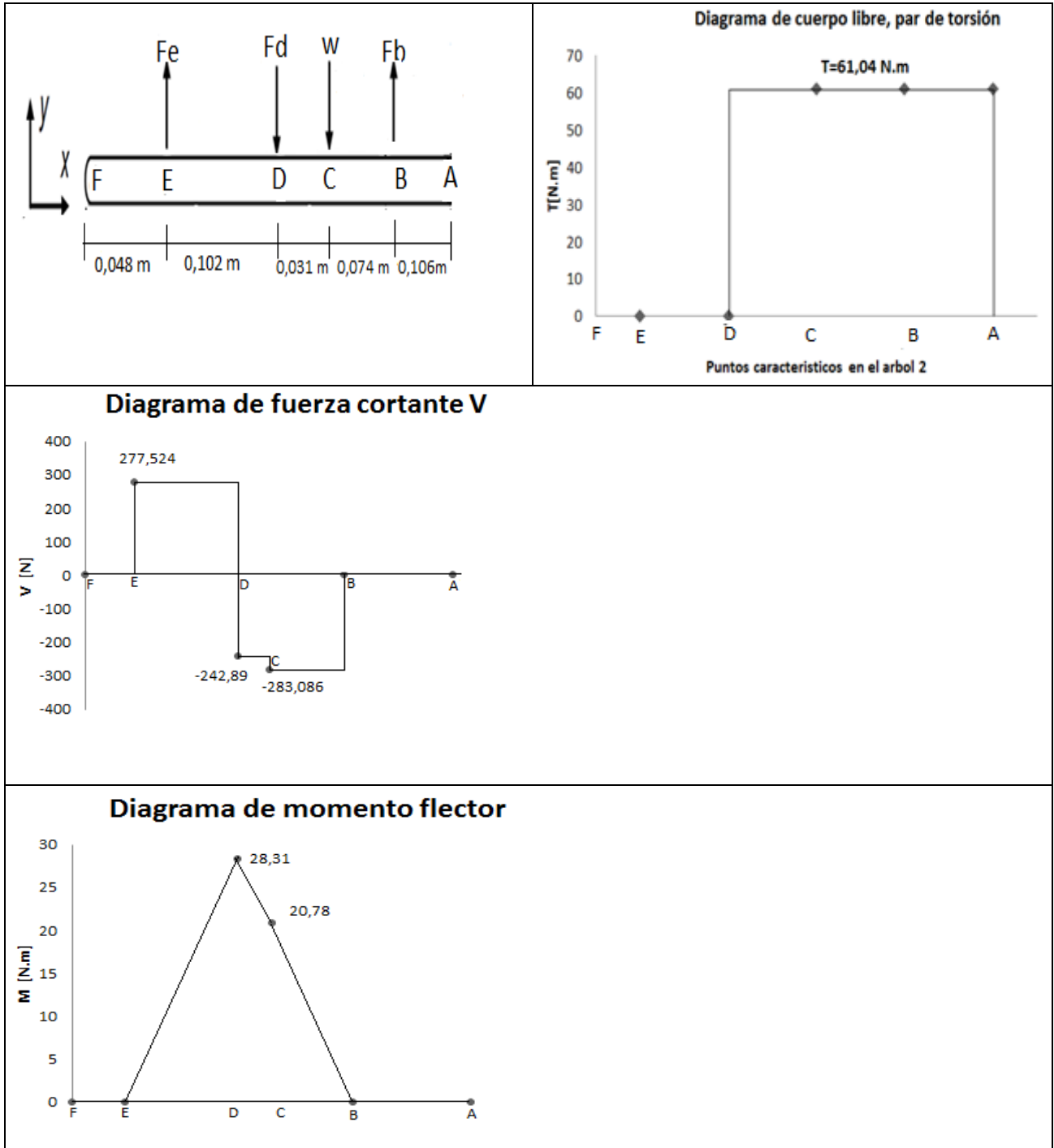
Resolviendo el sistema de ecuaciones:

$$F_b = 283,086 \text{ N}$$

$$F_e = 277,524 \text{ N}$$

Con los resultados obtenidos anteriormente es posible construir los diagramas de fuerza cortante, momento flector y par torsor mostrados en la figura 6,6.

Figura 6.6 Diagramas de fuerzas cortantes, momento flector resultante y par torsor en el árbol 2.



Fuente. Autor

6.1.4 Análisis por fatiga árbol 1. Como se dijo anteriormente, el árbol 1 y 2 soportan cargas constantes de momentos y pares torsores que producen esfuerzos variables debido al momento flector que es giratorio a lo largo de los árboles; lo que implica a comprobarse la resistencia a la fatiga mediante el cálculo del factor de seguridad (N). Para el análisis de fatiga se limitara a asumir que los puntos críticos en el árbol poseen un esfuerzo biaxial con un solo esfuerzo normal y un esfuerzo cortante mediante el método Von mises mostrado en USECHE⁵¹.

Figura 6.7 Par flector constante en magnitud y dirección, produce esfuerzos variables ya que el árbol gira.



Fuente. Useche Cap. 7⁵².

El par torsor genera esfuerzos cortantes medios (S_{ms}) y esfuerzos alternantes (S_{as}); en este caso en particular no se generan esfuerzos alternantes ya que el par es constante en todo el árbol:

$$S_{ms} = \frac{16T_m}{\pi d^3} \quad \text{[EC.6.4]}$$

Dónde:

$$T_m = 30,51 \text{ N.m}$$

$$d = 0,042 \text{ m}$$

[Par torsor o par medio generado en el árbol 1]
[Diámetro del árbol]

$$S_{ms} = \frac{16 \times 30,51 \text{ N.m}}{\pi(0,042 \text{ m})^3} = 2,10 \text{ MPa}$$

$$S_{as} = \frac{16T_a}{\pi d^3} = 0 \quad \text{[EC.6.5]}$$

⁵¹ VANEGAS USECHE, Libardo; Blog de la UTP-Diseño 1-CAP 7. PEREIRA. 2015. 10 de Febrero de 2015. Pag 16 Disponible en internet:<<http://blog.utp.edu.co/lvanegas/files/2011/08/Cap7.pdf>>

El par flector genera esfuerzos por flexión medio $S_m(M)$ y por flexión alternos $S_a(M)$, en este caso $S_m(M) = 0$, como se muestra en la figura 9.5.

$$S_a(M) = \frac{MC}{I} = \frac{32M}{\pi d^3}$$

Dónde:

$$M = 122,27 \text{ N.m} \quad [\text{Par flector máximo generado en el árbol 1}]$$

$$d = 0,042 \text{ m} \quad [\text{Diámetro del árbol}]$$

$$S_a(M) = \frac{32 \times 23,38 \text{ N.m}}{\pi(0,042 \text{ m})^3} = 3,21 \text{ MPa}$$

Ecuaciones de diseño:

Método de von mises

$$\frac{1}{N} = \frac{\sqrt{\sigma_m^2 + 3\tau_m^2}}{S_Y} + \frac{\sqrt{\sigma_a^2 + 3\tau_a^2}}{S_n} \quad (\text{Usando soderberg}) \quad [\text{EC. 6.6}]$$

Dónde los esfuerzos τ y σ se calculan así:

$$\tau_m = k_{fm}(T) \times S_{ms} \quad [\text{EC. 6.7}]$$

$$\sigma_m = k_{fm}(F) \times S_m(F) + k_{fm}(M) \times S_m(M) \quad [\text{EC.6.8}]$$

$$\sigma_a = k_{ff}(F) \times S_a(F) + k_{ff}(M) \times S_a(M) \quad [\text{EC.6.9}]$$

Antes de aplicar el método de Von Mises, es necesario encontrar otros factores que hacen parte de la aplicación del método.

Propiedades del material:

$$S_Y = 310 \text{ MPa} ; S_u = 565 \text{ MPa} \quad [\text{Acero 1045, laminado en caliente}]$$

$$S_{Ys} = 0,577 = 0,577 \times 310 \text{ MPa} = 178,87 \text{ MPa} \quad [\text{Usando TECO/Von Mises, ecuación 4.35}^{53}]$$

$$S_e = 0,5S_u = 0,5 \times 565 \text{ MPa} = 282,5 \text{ MPa} ; \text{ si } S_u < 1380 \text{ MPa} \quad [\text{USECHE cap 5}^{54}]$$

⁵³ VANEGAS USECHE, Libardo; Blog de la UTP-Diseño 1-CAP 4. PEREIRA. 2015. 10 de Febrero de 2015. Disponible en internet:< <http://blog.utp.edu.co/lvanegas/files/2011/08/Cap4.pdf>>

⁵⁴ Ibid; CAP. 5 Pág. 9

Factores que reducen la resistencia a la fatiga: Los siguientes factores deben calcularse, ya que la carga que produce esfuerzos variables es el momento flector y que son indispensables para calcular la resistencia a la fatiga corregida (S_n), que hace parte de la ecuación EC.6.10

$$S_n = K S_e \quad \text{si } n_c \geq 10^6 \text{ ciclos} \quad [\text{EC.6.10}]$$

Dónde:

$K = K_a \times K_b \times K_c \times K_d \times K_e \times K_{car}$ [Factor de reducción de fatiga general]

$K_a = 0,73$; Acero con $S_u = 565 \text{ MPa}$ [asumiendo árbol mecanizado. Fig. 5.11]

$K_b = 1,189 \times d_e^{-0,097} = 0,8274$ [Ecuación 5.21 para flexión con $d = d_e$ flexión giratoria ec.5.23.a].

$K_c = 0,814$ [Tabla 5.2, con una confiabilidad del 99%]

$K_d = 1$; [Temperatura del árbol es menor a $450 \text{ }^\circ\text{C}$ ec.5.26]

$K_e = 1$; [no se prevé corrosión, ni otros factores]

$K_{car} = 1$; [Flexión o torsión si se calculan los esfuerzos equivalentes de Von Mises]

Es decir que:

$$K = 0,73 \times 0,8274 \times 0,814 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,4917$$

Con este factor, se puede calcular la resistencia a la fatiga corregida:

$$S_n = 0,4917 \times 282,5 \text{ MPa} = 138,89 \text{ MPa}$$

Factores de concentración de esfuerzos (K_f): la sección más crítica es donde se encuentra en momento flector máximo (punto a), en esta sección se encuentra un chavetero que actúa como un concentrador de esfuerzos.

El factor $K_f = 1,6$, para un cuerpo sometido a flexión y $K_f = 1,3$ para uno sometido a torsión

$$\text{Si } K_f |S_{smax}| < S_{Ys} \quad \text{entonces } K_{fm} = K_f \quad [\text{EC.6.7}]$$

$$\text{Si } n_c \geq 10^6 \text{ ciclos ; } K_{ff} = K_f$$

Reemplazando en las ecuaciones EC.6.8, EC.6.9 y EC.6.10

$$\tau_m = k_{fm}(T) \times S_{ms} = 1,6 \times 2,098 \text{ MPa} = 2,73 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = k_{ff}(F) \times S_a(F) + k_{ff}(M) \times S_a(M) = 1,6 \times 3,21 \text{ MPa} = 5,143 \text{ MPa}$$

Finalmente calculando el factor de seguridad en la [EC.6.6]

$$\frac{1}{N} = \frac{\sqrt{\sigma_m^2 + 3\tau_m^2}}{S_Y} + \frac{\sqrt{\sigma_a^2 + 3\tau_a^2}}{S_m}$$

$$\frac{1}{N} = \frac{\sqrt{3 \times (2,73 \text{ MPa})^2}}{310 \text{ MPa}} + \frac{\sqrt{(5,143 \text{ MPa})^2}}{138,89 \text{ MPa}}$$

$$N = 4,72$$

6.1.5 Análisis por fatiga árbol 2. El análisis del árbol 2, es similar al realizado en el numeral 6.1.4; para este caso el árbol tiene cambios de diámetro en su geometría, lo que generaba hacer un análisis de las 3 secciones de diferentes diámetros para ver determinar cuál era la sección más crítica del árbol. A continuación se muestran los resultados de la sección crítica donde, $d = 0,048 \text{ m}$ en el cual se encuentran dos concentradores de esfuerzos equivalentes a un chavetero y una ranura.

El par torsor genera esfuerzos cortantes medios (S_{ms}) y esfuerzos alternantes (S_{as}); en este caso en particular no se generan esfuerzos alternantes ya que el par es constante en todo el árbol:

$$S_{ms} = \frac{16T_m}{\pi d^3} \quad [\text{EC.6.4}]$$

Dónde:

$$\begin{aligned} T_m &= 61,04 \text{ N.m} && [\text{Par torsor o par medio generado en el árbol 1}] \\ d &= 0,048 \text{ m} && [\text{Diámetro del árbol}] \end{aligned}$$

$$S_{ms} = \frac{16 \times 61,04 \text{ N.m}}{\pi(0,048 \text{ m})^3} = 2,81 \text{ MPa}$$

$$S_{as} = \frac{16T_a}{\pi d^3} = 0 \quad [\text{EC.6.5}]$$

El par flector genera esfuerzos por flexión medio $S_m(M)$ y por flexión alternos $S_a(M)$, en este caso $S_m(M) = 0$.

$$S_a(M) = \frac{MC}{I} = \frac{32M}{\pi d^3}$$

Dónde:

$$M = 28,31 \text{ N.m}$$

[Par flector máximo generado en el árbol 1]

$$d = 0,048 \text{ m}$$

[Diámetro del árbol]

$$S_a(M) = \frac{32 \times 28,31 \text{ N.m}}{\pi(0,048\text{m})^3} = 2,61 \text{ MPa}$$

Propiedades del material:

$$S_Y = 310 \text{ MPa} ; S_u = 565 \text{ MPa} \quad [\text{Acero 1045, laminado en caliente}]$$

$$S_{Ys} = 0,577 = 0,577 \times 310 \text{ MPa} = 178,87 \text{ MPa} \quad [\text{Usando TECO/von Mises, ecuación 4.35, capítulo 4, USECHE}]$$

$$S_e = 0,5S_u = 0,5 \times 565 \text{ MPa} = 282,5 \text{ MPa} ; \text{ si } S_u < 1380 \text{ MPa} \quad [\text{Ecuación 5.2, capítulo 5}^{55}]$$

Factores que reducen la resistencia a la fatiga: Los siguientes factores deben calcularse, ya que la carga que produce esfuerzos variables es el momento flector y que son indispensables para calcular la resistencia a la fatiga corregida (S_n), que hace parte de la ecuación EC.6.10

$$S_n = K S_e \quad \text{si } n_c \geq 10^6 \text{ ciclos} \quad [\text{EC.6.10}]$$

Dónde:

$$K = K_a \times K_b \times K_c \times K_d \times K_e \times K_{car} \quad [\text{Factor de reducción de fatiga general}]$$

$$K_a = 0,73 ; \text{ Acero con } S_u = 565 \text{ MPa} \quad [\text{asumiendo árbol mecanizado. Fig. 5.11}]$$

$$K_b = 1,189 \times d_e^{-0,097} = 0,816773 \quad [\text{Ecuación 5.21 para flexión con } d = d_e \text{ flexión giratoria ec.5.23.a}.]$$

$$K_c = 0,814 \quad [\text{Tabla 5.2, con una confiabilidad del 99\%}]$$

$$K_d = 1 ; \quad [\text{Temperatura del árbol es menor a } 450 \text{ }^\circ\text{C} \text{ ec.5.26}]$$

$$K_e = 1 ; \quad [\text{no se prevé corrosión, ni otros factores}]$$

⁵⁵ VANEGAS USECHE, Libardo; Blog de la UTP-Diseño 1-CAP 5. PEREIRA. 2015. 10 de Febrero de 2015. Disponible en internet:< <http://blog.utp.edu.co/lvanegas/files/2011/08/Cap5.pdf>>

$K_{car} = 1$; [Flexión o torsión si se calculan los esfuerzos equivalentes de Von Mises]

Es decir que:

$$K = 0,73 \times 0,816773 \times 0,814 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,48537$$

Con este factor, se puede calcular la resistencia a la fatiga corregida:

$$S_n = 0,48537 \times 282,5 \text{ MPa} = 137,11 \text{ MPa}$$

Factores de concentración de esfuerzos (K_f): El factor de concentración de esfuerzos por fatiga K_f , es un valor que multiplica al esfuerzo nominal, con el fin de obtener un valor “corregido” del esfuerzo, que tenga en cuenta el efecto de la discontinuidad⁵⁶. La sección más crítica es donde se encuentra en momento flector máximo (punto P), en esta sección se encuentra un chavetero que actúa como un concentrador de esfuerzos y dos ranuras.

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) \quad \text{[EC.6.11]}$$

Dónde:

$$q = \frac{1}{1 + \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{r}}} \quad \text{[Sensibilidad a la entalla]}$$

$$\sqrt{a(M)} = 0,20 \text{ mm}^{0,5} \quad \text{[Constante de neuber, para flexión⁵⁷]}$$

$$\sqrt{a(T)} = 0,16 \text{ mm}^{0,5} \quad \text{[Constante de neuber para torsión]}$$

$$q(M) = \frac{1}{1 + \frac{0,20 \text{ mm}^{0,5}}{\sqrt{0,925 \text{ mm}}}} = 0,8278$$

$$q(T) = \frac{1}{1 + \frac{0,16 \text{ mm}^{0,5}}{\sqrt{0,925 \text{ mm}}}} = 0,8574$$

Con las relaciones $\frac{D}{d}$ y $\frac{r}{d}$ se puede obtener los coeficientes teóricos de concentración de esfuerzos de flexión $K_t(M)$ y de torsión $K_t(T)$ en el apéndice 5 de USECHE.

$$\frac{D}{d} = \frac{48 \text{ mm}}{46,15 \text{ mm}} = 1,04 \quad K_t(M) = 2,5$$

⁵⁶ VANEGAS USECHE, Libardo; Blog de la UTP-Diseño 1-CAP 5. PEREIRA. 2015. 10 de Febrero de 2015. Pág. 22. Disponible en internet: < <http://blog.utp.edu.co/lvanegas/files/2011/08/Cap5.pdf> >

⁵⁷ VANEGAS USECHE, Libardo; Blog de la UTP-Diseño 1-CAP 5. PEREIRA. 2015. 11 de Febrero de 2015. Pág. 24. Disponible en internet: < <http://blog.utp.edu.co/lvanegas/files/2011/08/Cap5.pdf> >

$$\frac{r}{d} = \frac{0,925 \text{ mm}}{46,15 \text{ mm}} = 0,02 \quad K_t(T) = 1,75$$

Reemplazando en la EC.6.11.

$$K_f(M) = 1 + q_{(M)}(K_t(M) - 1) = 1 + 0,8278(2,5 - 1) = 2,2417$$

$$K_f(T) = 1 + q_{(T)}(K_t(T) - 1) = 1 + 0,8574(1,75 - 1) = 1,64305$$

El factor $K_f(M) = 1,6$, para un cuerpo sometido a flexión y $K_f(T) = 1,3$ para uno sometido a torsión.

$$\text{Si } K_f |S_{smax}| < S_{Ys} \quad \text{entonces } K_{fm} = K_f \quad [\text{EC.6.7}]$$

$$\text{Si } n_c \geq 10^6 \text{ ciclos ; } K_{ff} = K_f$$

Reemplazando en las ecuaciones EC.6.9, EC.6.8 y EC.6.7

$$\tau_m = k_{fm}(T) \times S_{ms} = 1,64305 \times 2,81 \text{ MPa} = 4,62 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = k_{ff}(F) \times S_a(F) + k_{ff}(M) \times S_a(M) = 2,2417 \times 2,51 \text{ MPa} = 5,85 \text{ MPa}$$

Finalmente calculando el factor de seguridad en la [EC.6.10]

$$\frac{1}{N} = \frac{\sqrt{\sigma_m^2 + 3\tau_m^2}}{S_Y} + \frac{\sqrt{\sigma_a^2 + 3\tau_a^2}}{S_m}$$

$$\frac{1}{N} = \frac{\sqrt{3 \times (4,62 \text{ MPa})^2}}{310 \text{ MPa}} + \frac{\sqrt{(5,85 \text{ MPa})^2}}{137,11 \text{ MPa}}$$

$$N = 3,3$$

6.2 SIMULACIÓN EN CAD DEL EQUIPO

6.2.1 Introducción

Después de tener el dimensionamiento geométrico, la potencia de accionamiento y las diferentes cargas y presiones; características que son esenciales para el diseño de los elementos que hacen parte del conjunto de la maquina en la que se incluyen motor eléctrico, reductor, acoples, poleas y correas, chumaceras, tornillo, dado tolva, pernos y tuercas es necesario la construcción de estas piezas en un

software de elementos finitos que permita la construcción de los elementos en 3D, se realiza ensamble entre piezas, un análisis de fatiga y deformación y la generación de planos.

6.2.2 Análisis estático de tornillo sin fin

En la herramienta Solidworks Simulation se hizo la comprobación de resistencia mecánica y de fatiga del elemento tornillo sin fin. Después del modelamiento del elemento en el CAD se hizo un análisis estático con un apoyo en donde el tornillo va soportado en conjunto con la camisa; a continuación se situaron las cargas de presión en la hélice del tornillo de menor a mayor, iniciando con un valor de presión de 2,1675 MPa en la tercera hélice del mismo en el sector por donde el material granulado entra desde la tolva y se aumenta dicho valor en cada paso a lo largo del tornillo hasta llegar al valor de 17,3 MPa en el cual el material libera la cantidad máxima de aceite, situación que ocurre en las ultimas hélices; a continuación se muestran las propiedades del material del tornillo, ver tabla 9.2 , sus propiedades volumétricas, ver figura 6.8 y las propiedades del estudio estático, ver tabla 9.3

Tabla 6.2 Propiedades del material-Tornillo sin fin

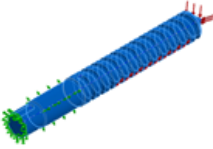
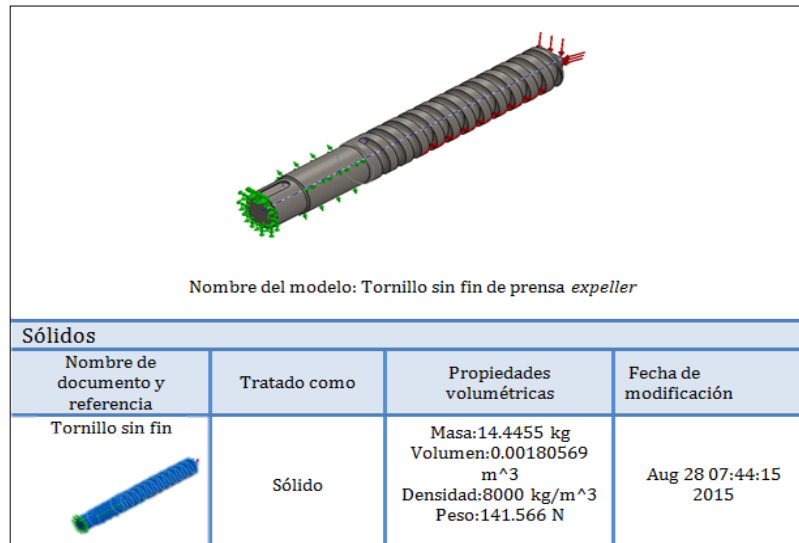
Tornillo sin fin	Propiedades	
	Nombre:	Acero inoxidable forjado
	Tipo de modelo:	Isotropico elástico lineal
	Criterio de error predeterminado:	Tensión máxima de von Mises
	Límite elástico:	2.06807e+008 N/m ²
	Límite de tracción:	5.17017e+008 N/m ²
	Módulo elástico:	2e+011 N/m ²
	Coefficiente de Poisson:	0.26
	Densidad:	8000 kg/m ³
	Módulo cortante:	7.9e+010 N/m ²
	Coefficiente de dilatación térmica:	1.1e-005 /Kelvin

Figura 6.8 Análisis estático- Propiedades volumétricas del Tornillo sin fin

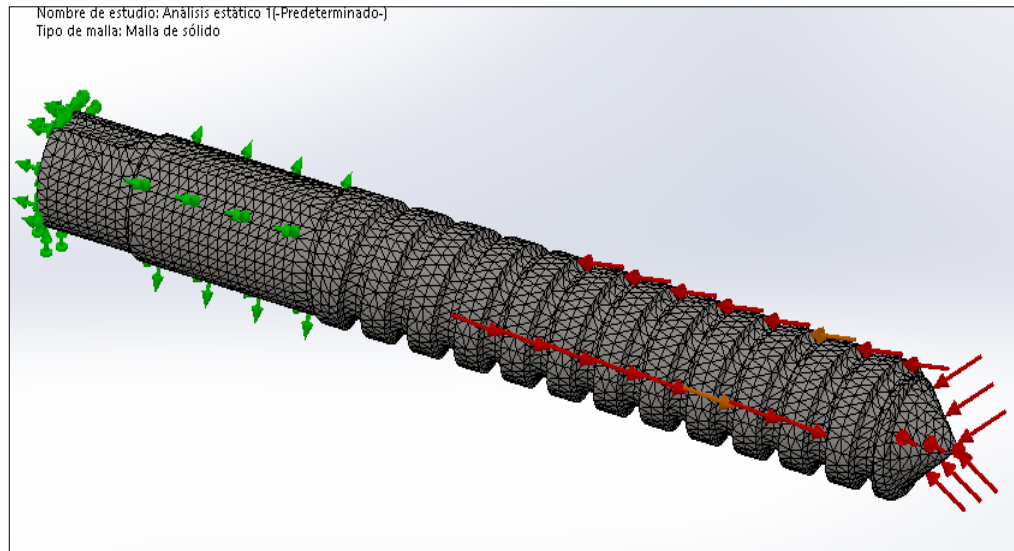


Fuente. Autor

El análisis de elementos finitos (FEA), proporciona una técnica fiable para analizar los diseños de ingeniería; el proceso empieza con la creación del modelo geométrico en el CAD, a continuación el programa subdividió el modelo “tornillo” en pequeñas porciones de forma (elementos) simples conectados en puntos comunes (nodos). Los programas de análisis de elementos finitos consideran el modelo como una red de elementos discretos interconectados.

La malla utilizada es una malla solida con un número total de nodos de 76028 analizados durante la ejecución del análisis estáticos del elemento tornillo sin fin, el mallado del solido es mostrado en la figura 6.9

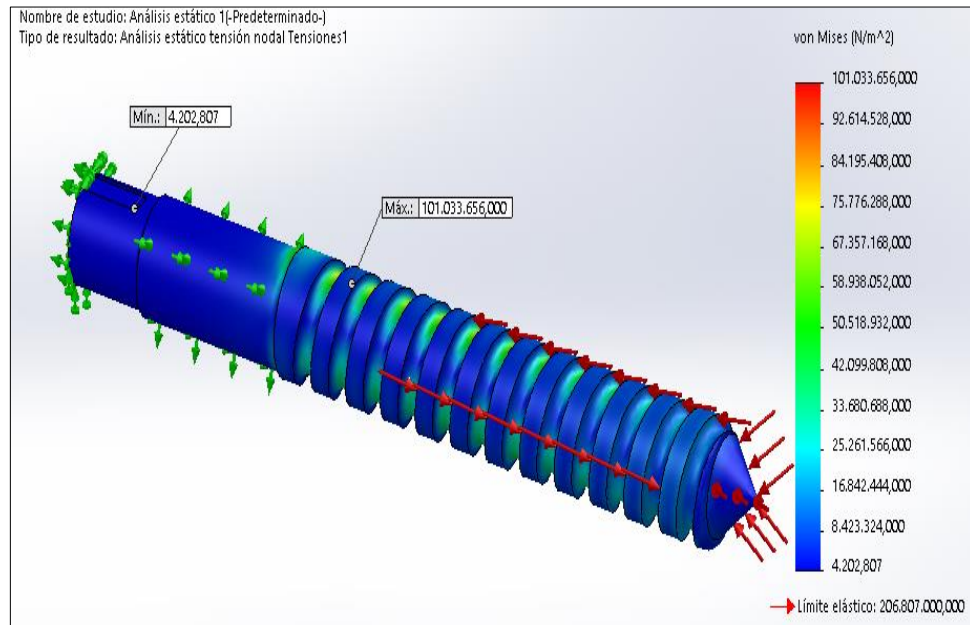
Figura 6.9 Mallado de solido- Tornillo sin fin



Fuente. Autor

En cuanto a la resistencia mecánica o cálculo de esfuerzos por Von Mises, el análisis comprobó que el elemento analizado no supera su límite de fluencia para el material con el cual fue analizado, acero inoxidable, el resultado de tensión de von Mises, ver figura 6.10 arroja que en el sector más crítico del tornillo se produce un valor de tensión de 101,33 MPa, por debajo de su límite de 206,8 MPa, a su vez el análisis mostro un valor de tensión mínimo en el chavetero de 4,2 MPa.

Figura 6.10 Análisis estático tensión nodal del Tornillo sin fin



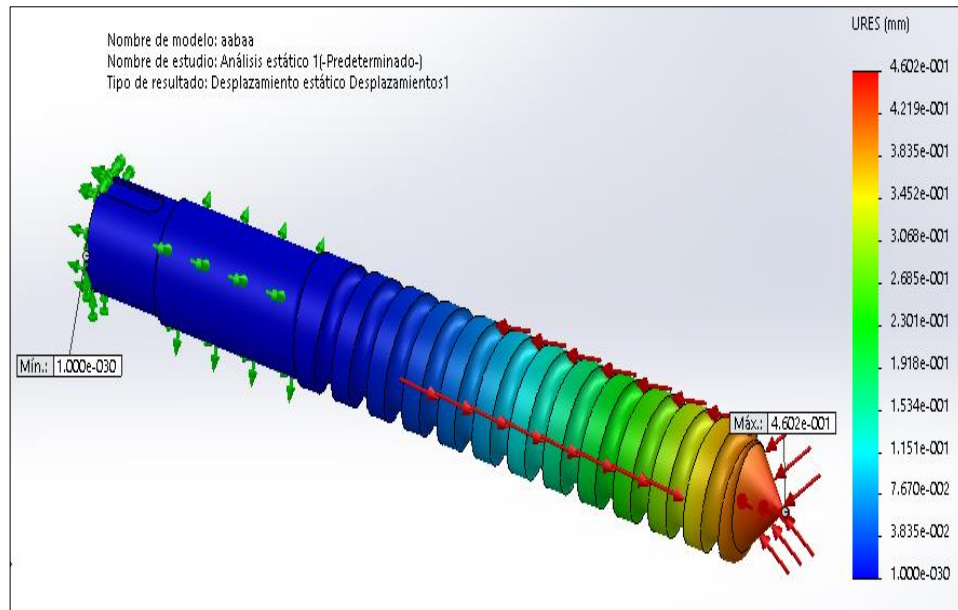
Fuente. Autor

La deformación estática se define como el cambio de forma de un cuerpo, el cual se debe al esfuerzo, a un cambio térmico, al cambio de humedad o a otras causas, la deformación se supone como un cambio lineal y se mide en unidades de longitud⁵⁸.

En cuanto a los desplazamientos estáticos μ , el elemento sufre un desplazamiento máximo de 0,4 mm después de aplicadas las cargas en el estudio del elemento, ver figura 6.11.

⁵⁸Universidad Nacional a distancia.Palmira.12 de agosto de 2015.Disponible en internet en:<
http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/palmira/5000155/lecciones/lec2/2_5.htm>

Figura 6.11 Desplazamiento estático-Tornillo sin fin



Fuente. Autor

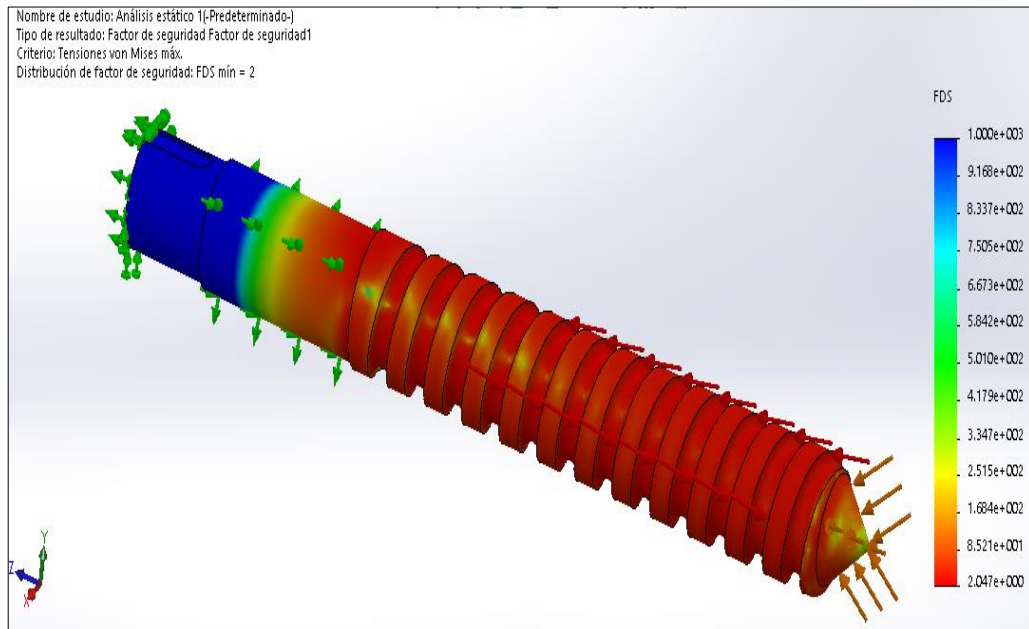
Para eliminar la desigualdad entre la resistencia y el esfuerzo de diseño y definir qué tan pequeño debe ser este último comparado con la resistencia, se utiliza el concepto de factor de seguridad, también conocido como ‘coeficiente de cálculo’ o ‘factor de incertidumbre’⁵⁹. Este factor se define como:

$$N = \frac{\text{Carga que produce la falla}}{\text{carga maxima aplicada}}$$

En análisis estático determino un FDS mínimo de 2 que ocurre en una de las hélices en donde el material ejerce presión con el tornillo; este valor es superior al valor mínimo en los criterios de diseño de uno, con el cual se comprobó que el elemento no falla.

⁵⁹ VANEGAS USECHE, Libardo; Blog de la UTP-Diseño 1-cap 3. PEREIRA. 2015. 15 de septiembre de 2015. Disponible en internet:<
<http://blog.utp.edu.co/lvanegas/files/2011/08/Cap3.pdf>>

Figura 6.12 Análisis estático-Factor de seguridad FDS del Tornillo sin fin



Fuente. Autor

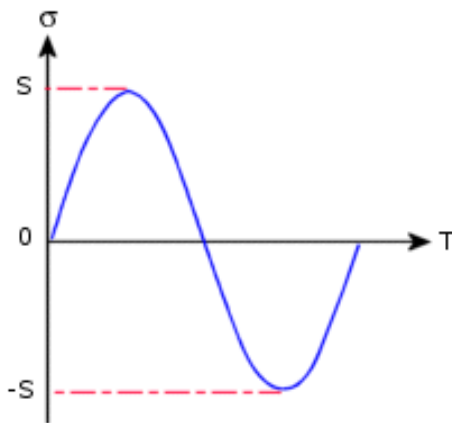
6.2.3 Análisis de Fatiga de tornillo sin fin

El diseño de elementos sometidos a cargas variables debe hacerse mediante una teoría que tenga en cuenta los factores que influyen en la aparición y desarrollo de las grietas. Se observa que la carga y la descarga repetidas debilitan los objetos a lo largo del tiempo, incluso cuando las tensiones inducidas son considerablemente inferiores a los límites de tensión permitidos. Este fenómeno es conocido como fatiga. Cada ciclo de fluctuación de tensión debilita al objeto hasta cierto punto. Después de una cantidad de ciclos, el objeto está tan débil que falla. La fatiga es la causa fundamental de error en muchos objetos, especialmente en aquéllos hechos de metal. Algunos ejemplos de error por fatiga incluyen maquinarias giratorias, pernos, alas de aviones, productos de consumo, plataformas flotantes, buques, ejes de vehículos y puentes.

Para realizar el análisis de fatiga es necesario crear un estudio en el programa solidworks Simulation; considerando un suceso de amplitud constante, esto quiere decir que todos los ciclos tienen todas las mismas tensiones alternas y medias, un suceso de amplitud constante se define completamente mediante una tensión alterna, una tensión media y la cantidad de ciclos.

Bajo estas consideraciones se cargó el elemento con un número de ciclos igual a 1000, a su vez, se seleccionó el tipo de carga de fatiga completamente invertida (ver figura 6.13), basado en un estudio de referencia en donde todos los componentes de tensiones cambian sus magnitudes proporcionalmente desde sus valores máximos, según se especifica en el estudio de referencia hasta cero.

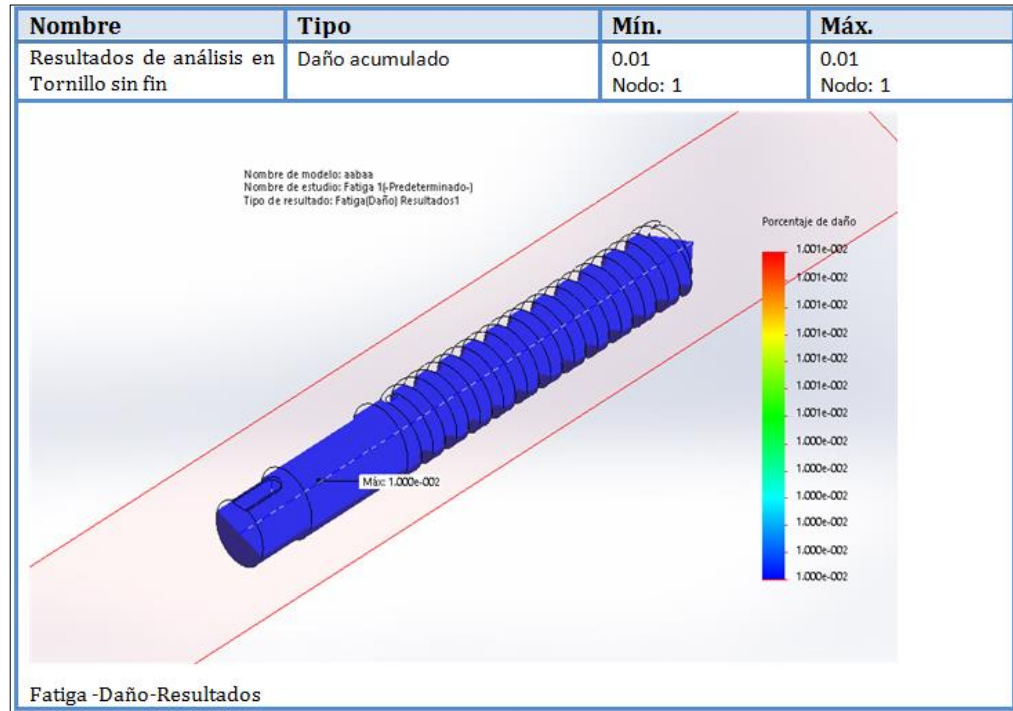
Figura 6.13 Carga completamente invertida (LR=-1) en estudio de fatiga



Fuente. Solidworks helps.

Después de especificar las características del análisis y la posterior ejecución del estudio en la figura 9.16 se muestra el factor de daño del tornillo sin fin. El factor de daño o también denominado factor de uso, representa la relación de la vida útil del elemento que se consumió; en este caso el factor de daño de 0,01 significa que el 1 % de la vida útil del elemento fue consumido. El fallo por fatiga se produce cuando el factor de daño alcanza la unidad, es decir el tornillo no falla por fatiga.

Figura 6.14 Análisis de fatiga-Daño, del Tornillo sin fin

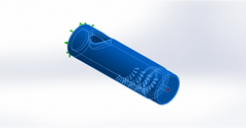


Fuente. Autor

6.2.4 Análisis estático del conjunto camisa-dado

El desarrollo del análisis del conjunto camisa-dado se debe a la necesidad de comprobar que los elementos soportan las cargas de presión a los que se ven expuestos por el contacto con el elemento tornillo en el ensamble final de la maquina; en este sentido y con el uso de la herramienta de solidworks se hizo el ensamble de los 2 elementos incluyendo las relaciones de posición y de movimiento de ambos; seguido se generó el apoyo en la camisa y se aplicó la carga uniforme de presión de 17,32 MPa en el interior y a lo largo del conjunto.

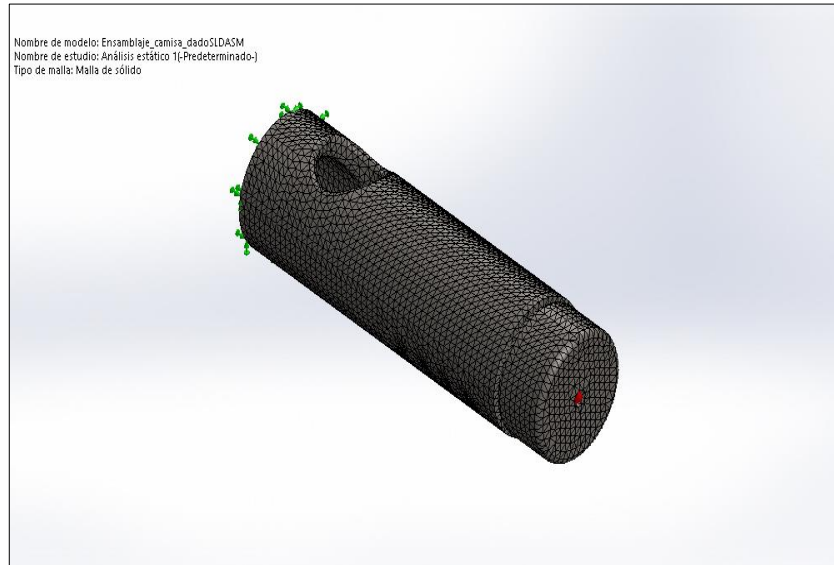
Tabla 6.3 Propiedades volumétricas y del material en el análisis estático del ensamble Camisa-Dado

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: Acero inoxidable (ferrítico) Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión máxima de von Mises Límite elástico: 1.72339e+008 N/m ² Límite de tracción: 5.13613e+008 N/m ² Módulo elástico: 2e+011 N/m ² Coefficiente de Poisson: 0.28 Densidad: 7800 kg/m ³ Módulo cortante: 7.7e+010 N/m ² Coefficiente de dilatación térmica: 1.1e-005 /Kelvin	Sólido 1: Camisa
		Sólido 2: Dado
Datos de curva:N/A		

			
Nombre del modelo: Ensamblaje_camisa_dadoSLDASM Modelamiento: Yeyxon Galarraga Rivera			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Información adicional del estudio
Camisa de tornillo sin fin 	Sólido	Masa:16.2623 kg Volumen:0.00208491 m ³ Densidad:7800 kg/m ³ Peso:159.371 N	Temperatura a tension cero 298 Kelvin
Dado 	Sólido	Masa:4.92256 kg Volumen:0.000631097 m ³ Densidad:7800 kg/m ³ Peso:48.2411 N	Efecto térmico: Activo

La malla utilizada es una malla solida con un número total de nodos de 150322 analizados durante la ejecución del análisis estático del ensamble del cual hacen parte los elementos Camisa y Dado mostrado en la figura 6.15

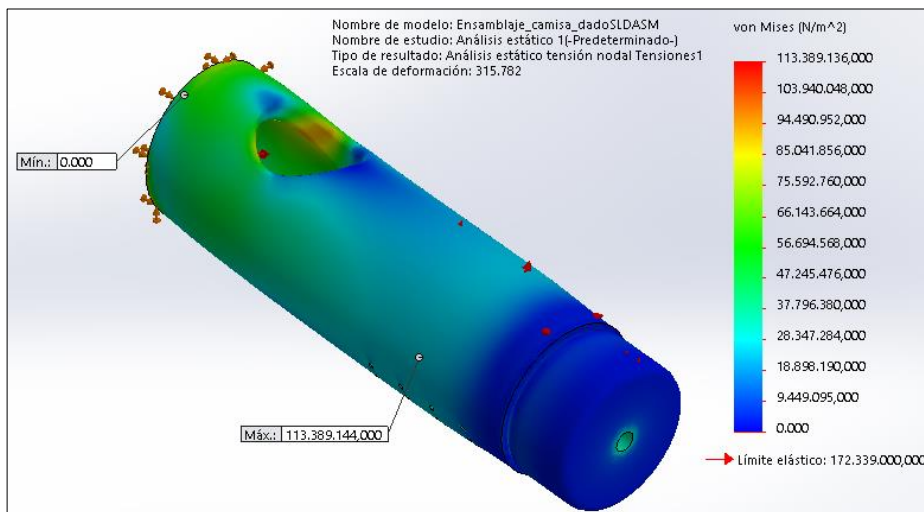
Figura 6.15 Malla de sólido del ensamble Camisa-Dado



Fuente. Autor

En la comprobación de resistencia mecánica o análisis de tensión mostrado en la figura 6.16, se pudo notar que para el material de los dos elementos (Acero Inoxidable) no se supera el límite de fluencia y en el sector más crítico del ensamble el valor de esfuerzo es de 113,4 MPa.

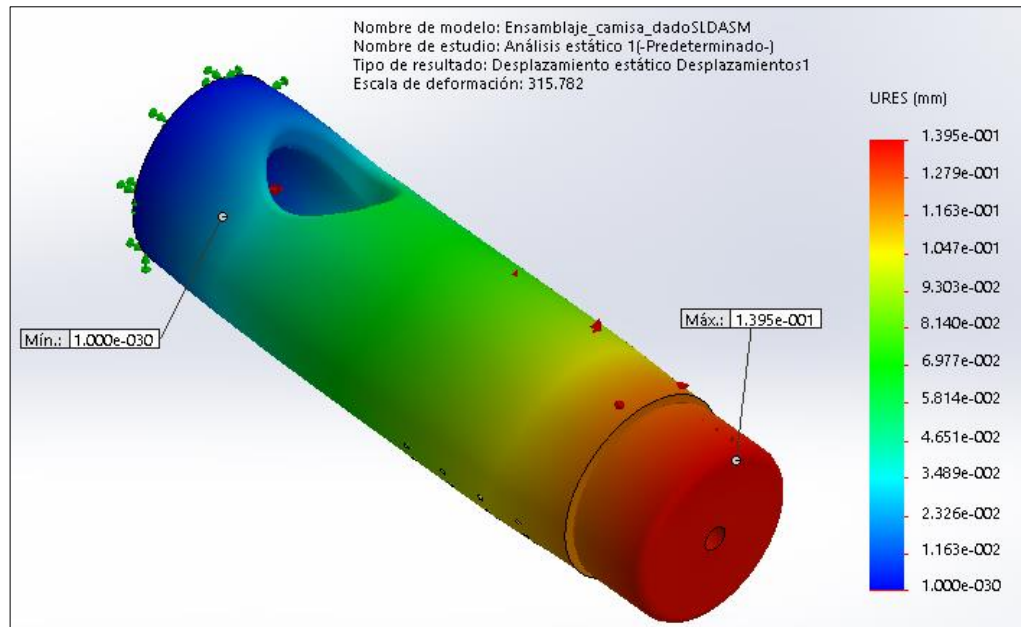
Figura 6.16 Análisis estático tensión nodal del ensamble Camisa-Dado



Fuente. Autor

En cuanto a los desplazamientos estáticos μ , el elemento sufre un desplazamiento máximo de 0,14 mm después de aplicadas las cargas en el estudio del elemento, el modelo se muestra en la figura 6.17.

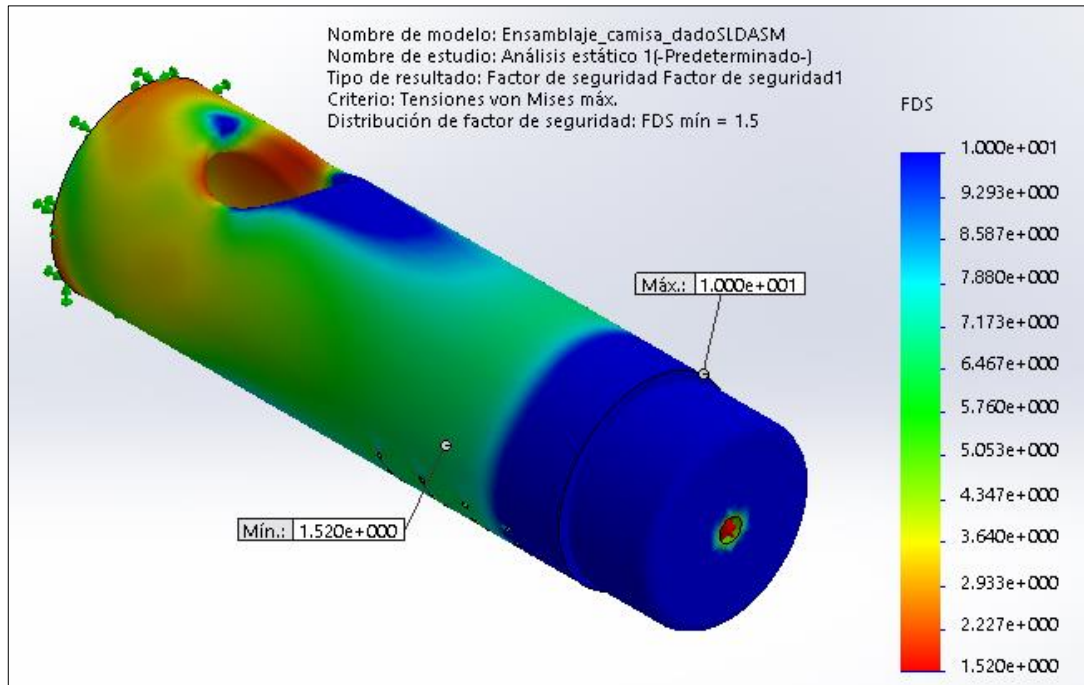
Figura 6.17 Desplazamiento estático del ensamble Camisa-Dado



Fuente. Autor

El análisis estático mostrado en la figura 6.18, determino un FDS mínimo de 1.5 que ocurre en uno de los orificios por donde sale el aceite en la camisa, este valor es superior al valor mínimo que es la unidad, con lo cual se comprobó que el ensamble no falla.

Figura 6.18 Análisis estático-Factor de seguridad FDS, del ensamble Camisa-Dado



Fuente. Autor

6.2.5 Análisis de fatiga del conjunto camisa-dado

En cuanto al análisis de fatiga mostrado en la figura 6.19, se puede observar que los elementos van a soportar las cargas de presión para 1000 ciclos y que su ciclo de vida es infinito ya que el factor de daño fue igual a 1 % de la vida útil del elemento. El fallo por fatiga se produce cuando el factor de daño alcanza la unidad, es decir el ensamble no falla por fatiga.

Figura 6.19 Análisis de fatiga-Daño, del ensamble Camisa-Dado

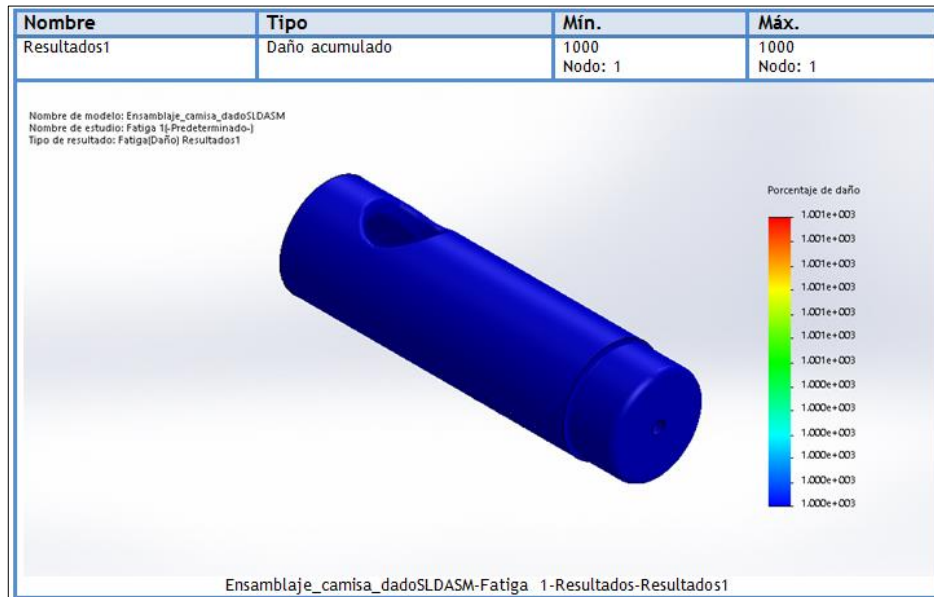
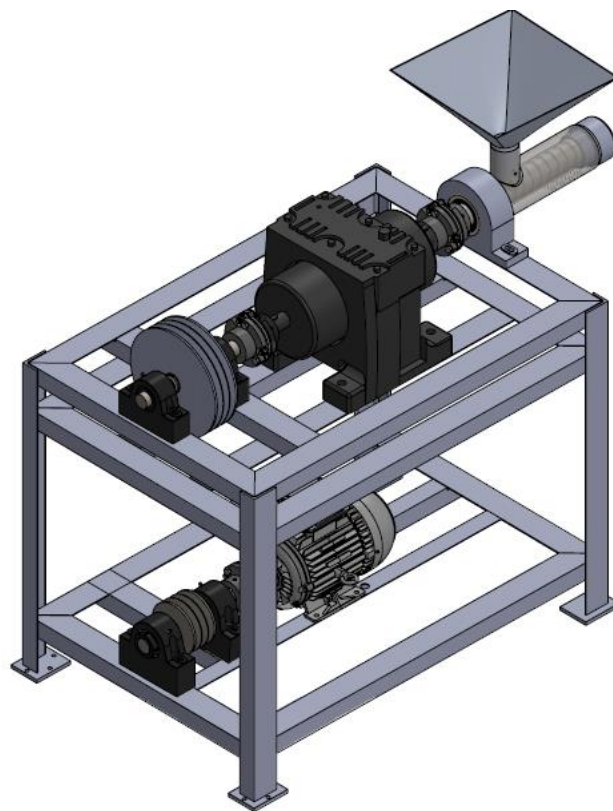


Figura 6.20 Ensamble de prensa tipo expeller diseñada.



Fuente. Autor

7 COSTOS

En este capítulo se menciona el costo aproximado de las piezas y la fabricación de aquellos que no se obtienen en el mercado, que hacen parte de la prensa después de realizado el diseño de las mismas. Los costos de potencia de la maquina son mostrados en las tabla 7.1, el costo de la estructura en la tabla 7.2, el costo de piezas para transmisión de potencia en la tabla 7.3 y el costo de los elementos de la prensa en la tabla 7.4; estos valores están basados en los precios cotizados en la industria a nivel nacional y algunos de ellos son mostrados en los Anexos. El valor total para la construcción de la maquina es de \$ 10.551.992 pesos.

Tabla 7.1 Costo de potencia de la máquina

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	VR. UNITARIO	VR. TOTAL
Motor Eléctrico SIEMENS, referencia M4114/B3 1LA3	1	\$ 960.000	\$ 960.000
Reductor marca Ramfé, tipo helicoidal coaxial referencia rg07-211-29.68-b3	1	\$ 4'140.000	\$ 4'140.000
Arrancador eléctrico Sirius, referencia 3rw3018-1BB14	1	\$ 789.000	\$ 789.000
TOTAL			\$ 5'889.000

Tabla 7.2 Costo de estructura de prensa expeller

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	VR. UNITARIO	VR. TOTAL
Estructura de prensa (JERONIMUX S.A.S, La Virginia-Contratista de Ingenio Risaralda S.A)	1	\$ 355.500,0	\$ 355.500,0
Tornillo y tuerca para base de prensa, referencia M 10x25 Paso 1.5	16	\$ 203,0	\$ 3.248,0
Tuerca para base de prensa, referencia M 10x25 Paso 1.5	16	\$ 146,5	\$ 2.344,8
Tornillo para base de Motor y reductor, referencia MM 20X40-HEX	8	\$ 1.422,5	\$ 11.380,0
tuerca para base de motor y Reductor, referencia 20MM-HEX	8	\$ 410,0	\$ 3.280,0
TOTAL			\$ 375.758,8

Tabla 7.3 Costo de piezas para transmisión de potencia

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	VR. UNITARIO	VR. TOTAL
Dayco Gold Label V - mm correa trapecial de sección convencional tipo B82	3	\$ 11.255	\$ 33.765
Polea maciza en V de 3 canales $D_{ext} = 5 \text{ in}$, $D_{Int} = 42 \text{ mm} = 1.65 \text{ in}$	1	\$ 360.000	\$ 360.000
Polea maciza en V de tres canales $D_{ext} = 11 \text{ in}$, $D_{Int} = 48 \text{ mm}$	1	\$ 437.069	\$ 437.069
Árbol de transmisión 1, macizo en Acero 1045 , $D_{ext}=42 \text{ mm}$	1	\$ 67.000	\$ 67.000
Árbol de transmisión 2, macizo en Acero 1045 , $D_{ext}=48 \text{ mm}$	1	\$ 120.000	\$ 120.000
Acoplamiento flexible de disco, $D_{Int} 42 \text{ mm}$, referencia	2	\$ 113.266	\$ 226.532
Acoplamiento flexible de disco $D_{Int} = 60 \text{ mm}$, referencia	1	\$ 182.500	\$ 182.500
Chumacera de apoyo de árbol de transmisión 2	1	\$ 120.000	\$ 120.000
Chaveta paralela cuadrada ISO 2491- 12x6-50-C para arboles 1 y 2.	2	\$ 3.520	\$ 7.040

Chaveta paralela cuadrada ISO 2491- 12x6-50-A para polea conductora.	1	\$ 3.520	\$ 3.520
Chaveta paralela cuadrada ISO 2491- 14x6-50-A para polea conducida	1	\$ 4.160	\$ 4.160
Rodamiento rod_agujas_60mm_ISO 355-5 - 5DD65 - 20,DE,AC,20	1	\$ 67.956	\$ 67.956
Retenedor de aceite con $D_{Int} = 60$ mm CM	1	\$ 10.464	\$ 10.464
Pin U Orrins para árbol 1, D_{Int} 42 mm	2	\$ 2.500	\$ 5.000
Pin U Orrins para árbol 2, D_{Int} 48 mm	2	\$ 2.000	\$ 4.000
TOTAL			\$ 1.649.006

Tabla 7.4 Costo de elementos de Prensa

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	VR. UNITARIO	VR. TOTAL
Tornillo sin fin $D_{ext}=70$ mm , L=400 mm, en Acero Inoxidable	1	\$ 620.000,0	\$ 620.000,0
Camisa de alojamiento de Tornillo en Acero Inoxidable	1	\$ 1.180.000,0	\$ 1.180.000,0
Dado de torta en Acero Inoxidable	1	\$ 310.000,0	\$ 310.000,0
Tolva trapezoidal en acero inoxidable	1	\$ 400.000,0	\$ 400.000,0
Chumacera de apoyo de tornillo sin fin	1	\$ 120.000,0	\$ 120.000,0
Tornillo de cabeza hexagonal M 10x25 paso 1.5, para Tolva	2	\$ 204,0	\$ 408,0
Tuerca M 10x25 paso 1.5, para Tolva	2	\$ 110,0	\$ 220,0
Tornillo para chumaceras, referencia MM 20X40-HEX	4	\$ 1.422,5	\$ 5960,0
Tuerca para chumaceras, referencia MM 20X40-HEX	4	\$ 410,0	\$ 1640,0
TOTAL			\$ 2.638.228

8 CONCLUSIONES

8.1 Conclusiones

Se seleccionó mediante una evaluación el prensado continuo (*expeller*), como la técnica más apropiada para la extracción de aceite virgen de la semillas de maíz y de maní; la evaluación incluyó índices de producción, costos, usos y temática ambiental.

Se compararon similitudes entre los equipos de prensa disponibles en el mercado, mediante un proceso de evaluación por medio de puntajes; los resultados obtenidos señalaron que la alimentación manual, el cilindro con huecos perforados y la distancia entre hilos constante para el tornillo, son las características de mayor importancia en el diseño de la prensa.

Se comprobó que la presión máxima para extraer el aceite es de 17,32 MPa; la extracción se logró por medio de una prensa hidráulica generando presión en contacto con la semilla, la técnica fue utilizada ya que el proceso de extracción es similar a la maquina expeller diseñada.

Se seleccionó un Motor Eléctrico de 7,5 HP y un Reductor Helicoidal Coaxial; esta selección fue resultado del cálculo de la capacidad de la máquina para extraer aceite.

Se comprobó la resistencia a la fatiga de los arboles 1 y 2 mediante el método de Von Mises, dicha comprobación se obtuvo mediante el cálculo de sus factores de seguridad iguales a 12 y 19 respectivamente; estos valores exponen que los elementos no fallaron al soportar las cargas y los momentos torsores a los cuales fueron sometidos.

Se comprobó la resistencia mecánica del tornillo sin fin mediante el análisis estático y de fatiga por el método de Von Mises en el software de elementos finitos; el estudio mostro que el elemento soporta las cargas de presión de 17,32 MPa, con un resultado de factor de seguridad de 2.1 y el elemento soporta ciclos de vida infinita al ser construido en acero inoxidable.

Se comprobó la resistencia mecánica de los elementos Camisa y Dado, por medio del análisis estático y de fatiga; este análisis evidencia que los elementos soportan las cargas de presión a las cuales son sometidos por la fricción entre las semillas y el tornillo sin superarse el límite de fluencia del material; el estudio mostro un factor de seguridad de 1.5 para el ensamble y que las partes resisten ciclos para vida infinita.

A pesar de que no es usual encontrar en la industria nacional una prensa *expeller* para extraer aceite virgen de diferentes semillas de la familia de las oleaginosas; este tipo de máquina es una opción factible para el sector agroindustrial, debido a su alto rendimiento en la extracción del aceite, su capacidad de extraer en frío, su bajo costo de implementación y su tamaño compacto.

8.2 Recomendaciones

Para la obtención de aceite virgen de las semillas analizadas; es recomendable retirar la humedad de las semillas y que la humedad se encuentre entre el 10 y el 12 por ciento de su peso total al ser introducida en la prensa, con lo que garantiza la conservación del olor, el color y la textura del aceite.

Para trabajos posteriores se recomienda la construcción de la prensa, basados en los diseños previos y la realización de pruebas en cuanto a la capacidad de extracción de la máquina para diferentes clases de semillas, el funcionamiento del tornillo y el volumen de extracción de torta del Dado.

De igual manera se recomienda la realización de estudios a la configuración de las hélices del tornillo sin fin; particularmente para la distancia entre hilos variable, con un diámetro del tornillo constante; que para este trabajo no fue incluida y que puede ser una configuración de igual manera apropiada.

Finalmente se recomienda filtrar el aceite después de realizada la extracción, debido a que puede presentarse partículas de la semilla mezcladas con el aceite al salir por los orificios de la camisa.

9 BIBLIOGRAFIA

- [1]. Cultivos permanentes y semipermanentes-2012 Risaralda. En: Gobernación de Risaralda [base de datos]. Cultivos transitorios del Risaralda: Pereira, 2013. 03 de octubre de 2013. Disponible en secretaria de agricultura del departamento.
- [2]. Sawamura, Masayoshi. Citrus Essential Oils, Flavor and Fragrance. Kochi. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2010.
- [3]. ZEGARRA RENGIFO, Janira; et al. Importancia del aceite comestible y su aplicación en la industria alimentaria. Aronautas. LIMA. 2011. 30 de octubre de 2011. Disponible en internet:<<http://artenautas.conaculta.gob.mx/Maestros/ludotecas.htm>>
- [4]. HAMM, Wolf; HAMILTON, Richard J y CALLIAUW, Gijs. Edible oil processing. 2ª ed. UK: John Wiley & Sons Ltd, 2013, p. 56.
- [5]. Ai, Fang fang et al. Application of random forests to select premium quality vegetable oils Apertura. En: Science Direct. Shanghai. Vol.1, N^o 143 (ago. 2013); p. 472.
- [6]. COMMODITUM. History of vegetable oil. Commodity. NEW ZEALAND. 20 de noviembre de 2013. Disponible en internet en:<http://commodity.com/index.php?option=com_content&view=article&id=119&Itemid=227>
- [7]. CHAVARRIA S, Lourdes M. Grasas y aceites comestibles. Honduras si exporta. Honduras. 2010. 12 de noviembre de 2013. Disponible en internet en:<www.hondurassiexporta.hn/download/83/>
- [8]. GRASSO, Florencia Verónica. Diseño del proceso: Pre tratamiento enzimático para extracción de aceites vegetales en un extractor de columna. SEDICI. La plata. 2013. 11 de diciembre de 2013. Disponible en internet en: <<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/26889>>
- [9]. STASHENKO, Elena E. Aceites Esenciales. Bucaramanga: División de publicaciones UIS, 2009, p. 16.
- [10]. GRANADOS, Ronald; ARIAS, Jaimes. Diseño de una planta extractora de aceites esenciales por arrastre de vapor. CENIVAM. Bucaramanga. 2007. 20 de noviembre de 2013. Disponible en internet en:<<http://cenivam.uis.edu.co/cenivamnew/investigacion/produccioncientifica/tesisdegrado/pregrado>>

- [11]. CONTRERAS, Silvia. Reacciones químicas. repositorio institucional universidad de los andes Venezuela. Mérida. 2014. 2 de Febrero de 2014. Disponible en internet en: <<http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/16710/1/reacciones.pdf>>
- [12]. ACOSTA, Martha. Evaluación y escalamiento del proceso de extracción de aceite de aguacate utilizando tratamiento enzimático. UNIVERSIDAD NACIONAL. Bogotá. 2014. 2 de Febrero de 2014. Disponible en internet en: <<http://www.bdigital.unal.edu.co/4070/1/marthaceciliaacostamoreno.2011.pdf> >
- [13]. JAN, Bart. PALMERI, Natale y CAVALLARO, Stefano. Biodiesel science and technology. 2ª ed. UK: Woodhead Publishing Limited, 2010, p. 93.
- [14]. FARMET a.s. Tecnología de procesamiento de oleaginosas. FARMET. Nederlands. 2014. 3 de Febrero de 2014. Disponible en internet: <<http://www.farmet.es/tecnologia-de-procesamiento-de-oleaginosas/prensado-en-caliente> >
- [15]. HERNANDEZ, Elizabeth. Tecnología de las oleaginosas. UNAD. Sogamoso. 2014. 2 de Febrero de 2014. Disponible en internet: <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/232015/2014_232015/Lectura_U2_232015_2014_1.pdf>
- [16]. TORO, Carolina. LONDOÑO, Catalina. Estudio de la estabilidad térmica del aceite de crisálida del gusano de seda de bombyx mori linn. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira. 2007. 15 de Noviembre de 2013. Disponible en internet en: <<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/822/1/5428T686.pdf> >
- [17]. OCAMPO GIL, Luis Fernando. Diseño de accionamientos y transmisiones de máquinas. Universidad Tecnológica de Pereira, 1993.
- [18]. Gómez Vargas, Santiago Javier y Villegas Zapater, Santiago Patricio. diseño y construcción de una máquina tipo expeller para la extracción de aceite vegetal apartir de la semilla de la jatropha curcas. salgolqui, 2011.
- [19]. Olaya Flórez, Julia maria y Méndez, Jacobo. Guia de plantas y productos medicinales. Bogota : CAB, Ciencia y Tecnologia No 16, 203; pág. 32.
- [20]. VANEGAS USECHE, Libardo; Blog de la UTP. Pereira Colombia. 2015. 10 de Febrero de 2015. Disponible en internet en:< <http://blog.utp.edu.co/lvanegas/>>
- [21]. Sanchez Medina, Iris Adriana;Huertas Reco, karina. Obtención y caracterización de biodiesel a partir de aceite de semillas de ricinus communis.

(higuerilla) modificadas genéticamente y cultivadas en el eje cafetero. Pereira. 2012. Disponible en internet en:<
<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/3048/1/6626S211.pdf>>

[22]. Pere Barnola; Alarcon Paco. Botanical Online S-L. 20 de Noviembre de 2013. Disponible en internet en: <<http://www.botanical-online.com/medicinalesgrasastipos.htm>>

ANEXOS

ANEXO 1. Ficha técnica del motor marca Siemens, referencia m4114/b3 1la3

Motores trifásicos IEC de propósito general eficiencia estándar IE1, IP55 (TEFC)

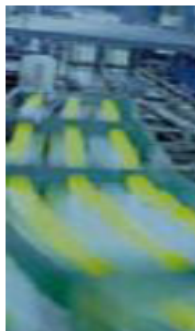
Octubre 1 de 2014 - El Precio Lista no incluye IVA vigente - Precios sujetos a cambio sin previo aviso



Generalidades

Nuestro amplio conocimiento técnico, que tiene en el mundo más de 150 años de experiencia consolidada, dan como resultado un motor preparado para el futuro: diseño universal y ventajas técnicas. Nuestros motores cumplen con las exigentes demandas técnicas del mercado, demostrando, una vez más, nuestro liderazgo a nivel mundial. Gracias a su carcasa en Aluminio se asegura una excelente conductividad térmica y un bajo peso. Su diseño permite que operen a dos tensiones y que su arranque se realice ya sea directamente, en estrella triángulo (A partir del tamaño AH 132), con arrancador suave o con variador de velocidad lo cual posibilita su aplicación en la totalidad de condiciones disponibles. Con el fin de darle aún más tranquilidad a su usuario, toda la familia cuenta con 2 años de garantía y el respaldo de nuestra red de distribuidores y talleres autorizados.

**Motor
Eficiente**
2 años
GARANTÍA



Características Eléctricas:

- * Eficiencia IE1 hasta tamaño constructivo 225 e IE2 a partir del tamaño constructivo 250
- * Tensiones conmutables 220 / 440 V a 60 Hz.
- * Posibilidad de arranque directo en tamaños constructivos 71, 80, 90 y 112 y adicionalmente arranque Y - Δ a partir del tamaño 132
- * Clase térmica F
- * Tipo de servicio: S1
- * Factor de servicio (FS): entre 1.05 a 1.15, Temperatura de operación -15/40°C
- * Aptos para ser accionados con variador de velocidad

Características Mecánicas:

- * Carcasa en Aluminio asegura su bajo peso y excelente conductividad térmica.
- * Rodamientos tipo rígidos de bola, de doble sello y con juego interno C3. Totalmente cerrados y libres de mantenimiento. Con una vida útil de hasta 20.000 hora de servicio continuo.
- * Ejecución IMB3 / IMB35 / IMB5, IMB14 en los tamaños AH71, AH80 Y AH90
- * Con retenedor CD Ring en el platillo AS
- * Protección Mecánica IP55
- * Para la serie 1LA7 platillos en aluminio y 1LA5 con platillos en fundición

Motores trifásicos IEC de propósito general eficiencia estándar IE1, IP55 (TEFC)

Octubre 1 De 2014 - El Precio Lista no incluye IVA vigente - Precios sujetos a cambio sin previo aviso

**Motor
Eficiente**
2 años
GARANTÍA



**¡Su motor
es muy valioso!**

Protéjalo únicamente
con productos Siemens:



Ver páginas 3/2 a 4/15

No. de Depósito	Referencia	Nivel de eficiencia	Tamaño Constructivo	Potencia		Eficiencia η		Corriente (A)		Peso Kg	Precio Lista Unit. Col \$
				HP	KW	%	FS	220V	440V		
VELOCIDAD 1.800 RPM (4 polos)											
100138698	1LA7 070-4YA60	-	71	0,5	0,4	63,6	1,15	1,9	0,9	5	390.000
100138700	1LA7 073-4YA60	-	71	0,75	0,6	64,0	1,15	2,9	1,4	6	441.000
100138701	1LA7 080-4YA60	-	80	1,0	0,7	64,2	1,15	3,5	1,7	8	483.000
100138703	1LA7 083-4YA60	-	80	1,50	1,1	65,9	1,15	5,0	2,5	9	658.000
100139634	1LA7 096-4YB60	IE1	90 L	2,0	1,5	82,3	1,15	6,6	3,3	15	758.000
100139635	1LA7 096-4YC60	IE1	90 L	2,40	1,8	81,5	1,15	7,4	3,7	15	841.000
100139636	1LA7 097-4YB60	IE1	90 L	3,0	2,2	83,0	1,15	8,6	4,3	16	897.000
100139620	1LA7 112-4YB60	IE1	112 M	4,0	3,0	85,5	1,15	12,2	6,1	25	998.000
100139621	1LA7 112-4YC60	IE1	112 M	5,0	3,7	85,3	1,15	15,8	7,9	25	1.123.000
100139622	1LA7 114-4YB60	IE1	112 M	6,0	4,5	85,7	1,05	18,0	9,0	28	1.304.000
100138709	1LA7 113-4YA60	IE0	112 M	6,6	4,9	78,0	1,05	19,6	9,8	29	1.400.000
100139623	1LA7 115-4YB60	IE1	112 M	7,5	5,6	87,0	1,15	20,0	10,0	30	1.500.000
100139642	1LA7 132-4YB70	IE1	132 S/M	10,0	7,5	88,3	1,15	24,4	12,2	52	1.798.000
100139643	1LA7 132-4YC70	IE1	132 S/M	12,0	9,0	88,1	1,15	34,0	17,0	52	2.044.000
100139644	1LA7 135-4YB70	IE1	132 S/M	15,0	11,2	89,8	1,15	43,0	21,5	61	2.161.000
100139651	1LA7 164-4YB70	IE1	160 M/L	20,0	14,9	90,9	1,15	55,6	27,8	79	3.269.000
100139652	1LA7 167-4YB70	IE1	160 M/L	25,0	18,7	91,8	1,15	66,0	33,0	89	4.016.000
100139658	1LA5 183-4YB80	IE1	180 M/L	30,0	22,4	91,8	1,05	78,0	39,0	130	4.851.000
100139660	1LA5 187-4YB80	IE1	180 M/L	40,0	29,8	92,5	1,05	104,0	52,0	140	6.681.000
100139664	1LA5 207-4YB80	IE1	200 L	50,0	37,3	92,5	1,15	126,0	63,0	191	7.567.000
100139669	1LA5 220-4YB80	IE1	225 S/M	60,0	44,8	93,0	1,15	144,0	72,0	226	9.675.000
100139670	1LA5 223-4YB80	IE1	225 S/M	75,0	56,0	93,0	1,15	200,0	100,0	242	10.936.000

ANEXO 2. Ficha técnica del arrancador eléctrico REFERENCIA SIRIUS 3RW3018-18814

Arrancadores electrónicos suaves SIRIUS 3RW30

Octubre 1 de 2014 - El Precio Lista no incluye IVA vigente - Precios sujetos a cambio sin previo aviso

Versión estándar para motores desde 3,0 A hasta 106A y para aplicaciones básicas.²⁾
Equipos para extender la vida útil del sistema mecánico del accionamiento y reducir las paradas del proceso por mantenimiento. Reduce los picos de corriente en el arranque.

Especificaciones técnicas:

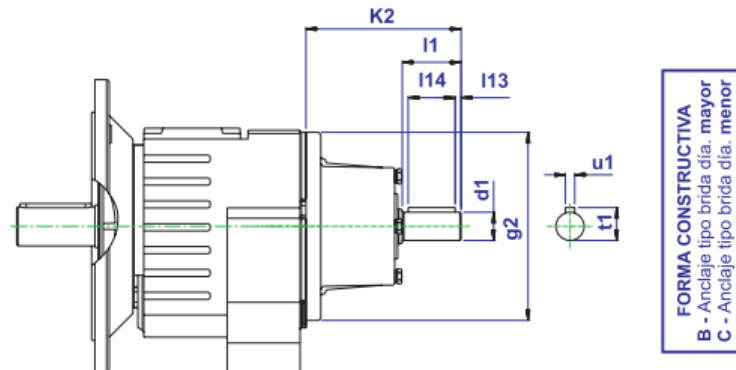
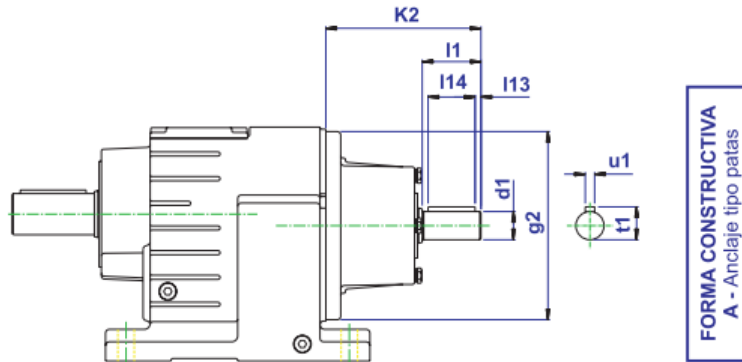
	Sirius 3RW30
Tensión de conexión	200-480 VAC
Frecuencia de conexión	45-66 Hz
Tensión de control	110...230 VAC /DC
Rampa de tensión	40-100 %
Potenciómetros de ajuste	6
Bypass incorporado	Si
Tiempos de rampa	0-20 seg.
Entrada termistor PTC	Si
Temperatura de operación	40 °C
Control en fases	2
Tarjeta de Control	Solo Arranque Suave



No. de Depósito	Tipo	Tamaño	I nominal motor (A)	Potencia del motor (HP) ¹⁾		Precio Lista Unit. Col \$
				220 V	440 V	
100018252	3RW3013-1BB14	S00	3.6	0.5	1.5	460.000
100018254	3RW3014-1BB14	S00	6.5	1.0	3.0	532.000
100018256	3RW3016-1BB14	S00	9.0	2.0	5.0	613.000
100018258	3RW3017-1BB14	S00	12.5	3.0	7.5	685.000
100018260	3RW3018-1BB14	S00	17.6	3.0	10	789.000
100018262	3RW3026-1BB14	S2	25	3.0	15	929.000
100018264	3RW3027-1BB14	S2	32	7.5	20	1.072.000
100018266	3RW3028-1BB14	S3	38	10	25	1.325.000
100018268	3RW3036-1BB14	S3	45	10	30	1.627.000
100018270	3RW3037-1BB14	S0	63	15	40	1.982.000
100018272	3RW3038-1BB14	S0	72	20	40	2.347.000
100018274	3RW3046-1BB14	S0	80	20	50	2.698.000
100018276	3RW3047-1BB14	S0	106	30	75	3.009.000

ANEXO 3. Reductor marca Ramfé, tipo helicoidal Coaxial, REFERENCIA RG07-211-29.68-B3

11.6 DIMENSIONES REDUCTORES DE ENGRANAJES HELICOIDALES TIPO COAXIAL “ SERIE 2000 “



TAMAÑO	d1	g2	k2	l1	l13	l14	t1	u1
RG01	16	120	116	40	4	32	18.5	3/16"
RG02	19	120	116	40	4	32	21.5	1/4"
RG03	24	160	132	50	5	40	27	5/16"
RG04	24	160	132	50	5	40	27	5/16"
RG05	28	200	152	60	5	50	31	5/16"
RG06	38	250	202	80	5	70	41	3/8"
RG07	42	300	250	110	10	70	45	1/2"
RG08	48	350	270	110	10	80	51.5	9/16"
RG09	55	400	309	110	10	90	59	5/8"

ANEXO 4. CATÁLOGO DE POLEAS INTERMEC, PARA CORREAS TIPO B

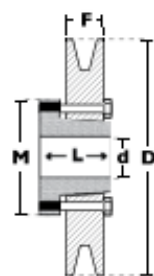


www.intermec.com.co

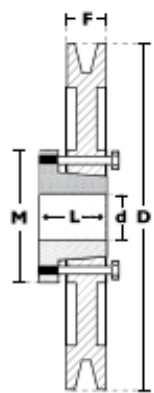
POLEAS TIPO
B

DIMENSIONES DE POLEAS PARA BUJES QD

Nomenclatura para poleas con Buje QD



Modelo T1




Modelo T3

Diámetro Exterior (D)		Referencia Polea	Ref. Buje	Husco máximo con cuñero estándar [d]		Longitud del Buje en mm (L)	Diámetro del buje en mm (M)	Modelo	Paso sin Buje en Lb
pt/g	mm			mm	pt/g				
1 CANAL									
— Ancho [F] = 25.4 mm —									
3.1	80	PQ 1B80	JA	25.4	1	27	50	T1	1.0
3.3	85	PQ 1B85	JA	25.4	1	27	50	T1	1.1
3.5	90	PQ 1B90	JA	25.4	1	27	50	T1	1.1
3.7	95	PQ 1B95	SH	34.9	13/8	33	70	T1	1.2
3.9	100	PQ 1B100	SH	34.9	13/8	33	70	T1	1.3
4.1	105	PQ 1B105	SH	34.9	13/8	33	70	T1	1.6
4.3	110	PQ 1B110	SH	34.9	13/8	33	70	T1	1.8
4.5	115	PQ 1B115	SH	34.9	13/8	33	70	T1	2.0
4.7	120	PQ 1B120	SH	34.9	13/8	33	70	T1	2.2
4.9	125	PQ 1B125	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T1	2.4
5.1	130	PQ 1B130	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T1	2.6
5.3	135	PQ 1B135	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T1	3.0
5.5	140	PQ 1B140	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T1	3.4
5.7	145	PQ 1B145	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T1	3.8
5.9	150	PQ 1B150	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T1	4.0
6.1	155	PQ 1B155	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T1	4.4
6.3	160	PQ 1B160	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T1	4.6
6.5	165	PQ 1B165	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T1	4.8
6.7	170	PQ 1B170	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T1	5.0
6.9	175	PQ 1B175	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T1	5.4
7.1	180	PQ 1B180	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T1	5.6
7.3	185	PQ 1B185	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T1	6.0
7.5	190	PQ 1B190	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T1	6.1
7.7	195	PQ 1B195	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	6.3
7.9	200	PQ 1B200	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	6.3
8.3	210	PQ 1B210	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	6.6
8.7	220	PQ 1B220	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	6.9
8.9	225	PQ 1B225	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	7.0
9.1	230	PQ 1B230	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	7.7
9.4	240	PQ 1B240	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	7.8
9.7	245	PQ 1B245	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	8.0
9.8	250	PQ 1B250	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	8.1
10.2	260	PQ 1B260	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	8.4
10.6	270	PQ 1B270	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	9.3
11.0	280	PQ 1B280	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	9.7
11.3	290	PQ 1B290	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	10.0
11.8	300	PQ 1B300	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	11.2
12.6	320	PQ 1B320	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	12.0
13.8	350	PQ 1B350	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	14.0
15.0	380	PQ 1B380	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	16.2
15.7	400	PQ 1B400	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	17.0
16.5	420	PQ 1B420	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	18.0
17.7	450	PQ 1B450	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	18.7
18.9	480	PQ 1B480	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	20.0
20.5	520	PQ 1B520	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	22.0

ANEXO 5. CATÁLOGO DE CORREAS INDUSTRIALES DAYCO, CORREA TRAPEZIAL TIPO B84

	CATÁLOGO DE CORREAS INDUSTRIALES	2010
---	---	-------------

DAYCO GOLD LABEL V - MM CORREAS TRAPEZIALES DE SECCIÓN CONVENCIONAL	
--	---

SECCIÓN "B" (17 x 11 mm.)

TIPO	DESARROLLO INTERIOR mm.	DESARROLLO PRIMITIVO mm.
B72	1829	1872
B73	1854	1897
B74	1880	1923
B75	1905	1948
B76	1930	1973
B77	1956	1999
B78	1981	2024
B79	2007	2050
B80	2032	2075
B80,75	2051	2094
B81	2057	2100
B82	2083	2126
B83	2108	2151
B83,50	2121	2164
B84	2134	2177
B85	2159	2202
B86	2184	2227
B86,50	2197	2240
B87	2210	2253
B88	2235	2278
B89	2261	2304
B90	2286	2329
B91	2311	2354
B92	2337	2380
B93	2362	2405
B94	2388	2431
B95	2413	2456
B96	2438	2481
B96,50	2451	2494
B97	2464	2507
B97,50	2477	2520
B98	2489	2532
B99	2515	2558
B100	2540	2583
B101	2565	2608
B102	2591	2634
B103	2616	2659
B104	2642	2685
B105	2667	2710
B106	2692	2735
B107	2718	2761
B108	2743	2786

PESO EN gr./m. = 175

SECCIÓN "B" (17 x 11 mm.)

TIPO	DESARROLLO INTERIOR mm.	DESARROLLO PRIMITIVO mm.
B109	2769	2812
B110	2794	2837
B111	2819	2862
B112	2845	2888
B112,50	2858	2901
B113	2870	2913
B114	2896	2939
B115	2921	2964
B116	2946	2989
B117	2972	3015
B118	2997	3040
B119	3023	3066
B120	3048	3091
B121	3073	3116
B122	3099	3142
B123	3124	3167
B124	3150	3193
B125	3175	3218
B126	3200	3243
B127	3226	3269
B128	3251	3294
B129	3277	3320
B130	3302	3345
B131	3327	3370
B132	3353	3396
B133	3378	3421
B134	3404	3447
B135	3429	3472
B136	3454	3497
B137	3480	3523
B138	3505	3548
B139	3531	3574
B140	3556	3599
B141	3581	3624
B142	3607	3650
B143	3632	3675
B144	3658	3701
B145	3683	3726
B146	3708	3751
B147	3734	3777
B148	3759	3802
B149	3785	3828

PESO EN gr./m. = 175

La potencia **original** en movimiento

ANEXO 5. Catálogo de acople interflex

ACOPLES FLEXIBLES DE TORSIÓN INTERFLEX®

Los acoples INTERFLEX® constan de dos manzanas de "mandíbulas" curvas que encajan con una "estrella" de poliuretano de por medio. Esta geometría le sirve para admitir buen desalineamiento angular y también transmitir con suavidad mayor torsión. El diseño ha sido el estándar en Europa y muchos otros países alrededor del mundo.

Los acoples de torsión INTERFLEX® son altamente confiables para transmitir potencia en todo tipo de motores eléctricos o de combustión interna y se aplican comúnmente en bombas, cajas reductoras de velocidad, compresores, ventiladores, mezcladores, transpor-

tadores, generadores etc. Otros beneficios de estos acoples son:

- ▶ Facilidad de montaje y conexión axial.
- ▶ Buena capacidad de absorción de vibraciones.
- ▶ Libres de mantenimiento (no requieren lubricación).
- ▶ A prueba de fallos (siguen trabajando aún si el elastómero se daña).
- ▶ Resistentes al aceite, polvo, arena, grasa, humedad y muchos solventes.
- ▶ Por la casi inexistente "holgura o juego" entre sus componentes, ofrecen gran precisión de posicionamiento.



INTERFLEX No.	Dimensiones mm				Torque nominal [Tn] lb-in	Torque de diseño [Tn] lb-in	Hueco máximo manzana escalonada	Hueco máximo manzana lisa	RPM Máximas permisibles
	L	A	B	M					
GE14	34	30	30	23	66	133	-	16	19.000
GE19	64	40	30	39	89	177	19	24	14.000
GE24	76	55	40	46	310	620	24	32	10.600
GE28	88	65	50	56	841	1.682	28	38	8.500
GE38	111	78	66	66	1.682	3.363	38	45	7.100
GE42	123	94	75	73	2.345	4.691	42	55	6.000
GE48	137	104	85	81	2.744	5.487	48	60	5.600
GE55	156	118	98	92	3.319	6.638	55	70	4.750
GE65	180	134	115	115	3.761	7.523	65	75	4.250
GE75	205	160	135	120	8.629	17.257	75	90	3.550
GE90	240	200	160	140	21.240	42.480	90	100	2.900

ANEXO 6. Cotización del Motor y del Reductor de industrias Ramfé S.A

FECHA: 12/06/2015



INDUSTRIAS RAMFE S.A.S.

860.069.344 - 6

Carrera 69 N° 17A-96 Bogotá Colombia
PBX: (57-1) 745 0808 Fax: (57-1) 292 6129
www.ramfe.com.co ventas@ramfe.com.co

CTR N°: **5367**

ATN: Sr. Yeyxon Galarraga Rivera.

EMPRESA: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

TELÉFONO: 311 - 413 2465.

E-MAIL: veysin66@gmail.com

CIUDAD: Pereira.

Tenemos el gusto de cotizarles los siguientes equipos para la **prensa expeller extracción de aceite virgen de maní** como sigue:

Ítem	Referencia	Descripción	Eje de salida	Motor		Rel.	Vel. de salida	Par de salida M2 (Nm)	FS	Cant.	Valor unitario	Valor total
				Pot. HP (KW)	Vel. rpm							
												0
2	M4114/B3 1LA3	Motor eléctrico para propósito general marca Siemens uso severo, 230/460 VAC, 3~, 60 Hz, aislamiento clase F, TEFC e IP55, carcasa en fundición de hierro gris norma IEC tamaño 112 montaje con patas. Eficiencia estándar IE1 87.5%	Macizo Ø28mm.	7.5 (5.6)	1750.				1.15	1	960.000	960.000
	RG07-211-29.68-B3	Reductor Ramfé tipo helicoidal coaxial, montaje con patas y eje de entrada macizo 42mm; para acoplar por poleas 2:1 a motor eléctrico de 7.5 hp a 1750 rpm.	Macizo Ø60mm.	7.5 (5.6)	1750.	29.68:1	30.	1650.	1.8	1	4.140.000	4.140.000

Nota para ítem 1: Anexamos plano dimensional pág. F6 y F4.

Nota para ítem 2: Anexamos plano dimensional.

Procedencia: **Fabricado** en **COLOMBIA**.

Carcasa reductora en fundición de hierro gris para trabajo pesado **Representante de ventas:**

Ing. Fernando Rubio

fernando.rubio@ramfe.com.co Cel: 310 - 2319478

MAS IVA:	16%
CONDICIONES DE PAGO:	50% con e pedido, saldo efectivo antes de entrega.
PLAZO DE ENTREGA:	Ocho (8) a diez (10) días hábiles.
SITIO DE ENTREGA:	P/ra.
VALIDEZ DE LA OFERTA:	30 días.
GARANTÍA:	Un (1) año contra defectos de fabricación en condiciones normales de funcionamiento.

ANEXO 7. Cotización de la correa en V, del ingenio Risaralda S.A

Material
Centro

Datos generales

Unidad medida base	<input type="text" value="PZA"/> Pieza	Tipo de valoración	<input type="text" value="E"/>
Moneda	<input type="text" value="COP"/>	Período actual	<input type="text" value="10"/> 2015
Sector	<input type="text" value="01"/>	Determ.precio	<input type="checkbox"/> LM act.

Valoración actual

Categoría valoración	<input type="text" value="5408"/>	CatValStkPProyecto	<input type="text"/>
CatgValStkPedCliente	<input type="text"/>	Cantidad base	<input type="text" value="1"/>
Control de precios	<input type="text" value="V"/>	Precio estándar	<input type="text" value="0,00"/>
Precio variable	<input type="text" value="11.255,01"/>	Valor total	<input type="text" value="22.510,01"/>
Stock total	<input type="text" value="2"/>	<input type="checkbox"/> UM valorada	
Precio futuro	<input type="text" value="0,00"/>	Válido de	<input type="text"/>
Precio anterior	<input type="text" value="1,00"/>	Últ.modif.precio	<input type="text" value="31.12.1999"/>

ANEXO 8. Cotización de la polea en V-3 canales de 5 in, del ingenio Risaralda S.A

Material Iratar Pasar a Entorno Sistema Ayuda

Visualizar material 1002414 (Piezas de recambio)

Datos adicionales Niveles organización

Gestión de calidad Contabilidad 1 Contabilidad 2 Stock de ce...

Material 1002414 OLEA V-3 CANALES DE 5" BUFIN Ø 42 mm

Centro 2600 Risaralda

Datos generales

Unidad medida base	PZA	Pieza	Tipo de valoración	E
Moneda	COP		Período actual	10 2015
Sector	01		Determ.precio	<input type="checkbox"/> LM act.

Valoración actual

Categoría valoración	5408	CatValStockPProyecto	
CatgValStkPedCliente		Cantidad base	1
Control de precios	V	Precio estándar	0,00
Precio variable	361.000,00	Valor total	361.000,00
Stock total	1	<input type="checkbox"/> UM valorada	
Precio futuro	0,00	Válido de	
Precio anterior	1,00	Últ.modif.precio	31.12.1999

Periodo/año ant. Cálculo coste plan

ANEXO 9. Cotización de la polea en V-3 canales de 11 in, del ingenio Risaralda S.A

Material Tratar Pasar a Entorno Sistema Ayuda

Visualizar material 1009525 (Piezas de recambio)

Datos adicionales Niveles organización

Gestión de calidad Contabilidad 1 Contabilidad 2 Stock de ce...

Material 1009525 OLEA V-3 CANALES DE 11" BUFIN Ø 48 mm

Centro 2600 Risaralda

Datos generales

Unidad medida base	PZA	Pieza	Tipo de valoración	E
Moneda	COP		Período actual	10 2015
Sector	01		Determ.precio	<input type="checkbox"/> LM act.

Valoración actual

Categoría valoración	5408	CatValStockPProyecto	
CatgValStkPedCliente		Cantidad base	1
Control de precios	V	Precio estándar	0,00
Precio variable	437.069,00	Valor total	0,00
Stock total	0	UM valorada	<input type="checkbox"/>
Precio futuro	0,00	Válido de	
Precio anterior	0,00	Últ.modif.precio	

Periodo/año ant. Cálculo coste plan

ANEXO 10. Cotización de Tornillería del ingenio Risaralda S.A

Material | Tratar | Pasar a | Entorno | Sistema | Ayuda

Visualizar material 1025703 (Piezas de recambio)

Datos adicionales | Niveles organización

Gestión almacenes 2 | Contabilidad 1 | Contabilidad 2 | Stock de ...

Material: 1025703 | ORNILLO DE 10mm X 25 PASO 1.5

Centro: 2600 | Risaralda

Datos generales

Unidad medida base	PZA	Pieza	Tipo de valoración	E
Moneda	COP		Período actual	10 2015
Sector	01		Determ.precio	<input type="checkbox"/> LM act.

Valoración actual

Categoría valoración		CatValStockPProyecto	
CatgValStkPedCliente		Cantidad base	1
Control de precios	V	Precio estándar	0,00
Precio variable	203,00	Valor total	0,00
Stock total	0	<input type="checkbox"/> UM valorada	
Precio futuro	0,00	Válido de	
Precio anterior	0,00	Últ.modif.precio	

Periodo/año ant. | Cál.coste plan

ANEXO 11. Cotización de Tuerca del ingenio Risaralda S.A

Material Tratar Pasar a Entorno Sistema Ayuda

Visualizar material 1031382 (Piezas de recambio)

Datos adicionales Niveles organización

Gestión almacenes 2 Contabilidad 1 Contabilidad 2 Stock de ...

Material 1031382 TUERCA DE 10mm PASO 1,5mm

Centro 2600 Risaralda

Datos generales

Unidad medida base	PZA	Pieza	Tipo de valoración	E
Moneda	COP		Período actual	10 2015
Sector	01		Determ.precio	<input type="checkbox"/> LM act.

Valoración actual

Categoría valoración		CatValStockPProyecto	
CatgValStkPedCliente		Cantidad base	1
Control de precios	V	Precio estándar	0,00
Precio variable	146,55	Valor total	0,00
Stock total	0	<input type="checkbox"/> UM valorada	
Precio futuro	0,00	Válido de	
Precio anterior	0,00	Últ.modif.precio	

Periodo/año ant. Cál.coste plan

ANEXO 12. Cotización de tornillería del ingenio Risaralda S.A

Material 1001317 Tornillo MM20 X 40-Hex
Centro 2600 Risaralda

Datos generales

Unidad medida base	PZA	Pieza	Tipo de valoración	E
Moneda	COP		Período actual	10 2015
Sector	01		Determ.precio	<input type="checkbox"/> LM act.

Valoración actual

Categoría valoración	5408	CatValStockPProyecto	
CatgValStkPedCliente		Cantidad base	1
Control de precios	V	Precio estándar	0,00
Precio variable	1.422,50	Valor total	0,00
Stock total	0	<input type="checkbox"/> UM valorada	
Precio futuro	0,00	Válido de	
Precio anterior	1,00	Últ.modif.precio	31.12.1999

Periodo/año ant. Cálculo coste plan

ANEXO 13. Costo de tuerca del ingenio Risaralda S.A

Material Tratar Pasar a Entorno Sistema Ayuda

Visualizar material 1001590 (Piezas de recambio)

Datos adicionales Niveles organización

Gestión de calidad Contabilidad 1 Contabilidad 2 Stock de ce...

Material 1001590 TUERCA 20MM. HEX
 Centro 2600 Risaralda

Datos generales

Unidad medida base	PZA	Pieza	Tipo de valoración	E
Moneda	COP		Período actual	10 2015
Sector	01		Determ.precio	<input type="checkbox"/> LM act.

Valoración actual

Categoría valoración	5408	CatValStockPProyecto	
CatgValStkPedCliente		Cantidad base	1
Control de precios	V	Precio estándar	0,00
Precio variable	410,00	Valor total	6.560,00
Stock total	16	<input type="checkbox"/> UM valorada	
Precio futuro	0,00	Válido de	
Precio anterior	1,00	Últ.modif.precio	31.12.1999

Periodo/año ant. Cálculo coste plan

ANEXO 14. Cotización de Retenedor del ingenio Risaralda S.A

Material Tratar Pasar a Entorno Sistema Ayuda

Visualizar material 1029634 (Piezas de recambio)

Datos adicionales Niveles organización

Gestión almacenes 2 Contabilidad 1 Contabilidad 2 Stock de ...

Material 1029634 ETEN CR 60mmX80mmX10mm HM S5V VITON

Centro 2600 Risaralda

Datos generales

Unidad medida base	PZA	Pieza	Tipo de valoración	E
Moneda	COP		Período actual	10 2015
Sector	01		Determ.precio	<input type="checkbox"/> LM act.

Valoración actual

Categoría valoración		CatValStockPProyecto	
CatgValStkPedCliente		Cantidad base	1
Control de precios	V	Precio estándar	0,00
Precio variable	10.464,00	Valor total	20.928,00
Stock total	2	<input type="checkbox"/> UM valorada	
Precio futuro	0,00	Válido de	
Precio anterior	0,00	Últ.modif.precio	

Periodo/año ant. Cálculo coste plan

ANEXO 15. Costo de acople del ingenio Risaralda S.A

Material Tratar Pasar a Entorno Sistema Ayuda

Visualizar material 1002009 (Piezas de recambio)

Datos adicionales Niveles organización

Gestión de calidad Contabilidad 1 Contabilidad 2 Stock de ce...

Material 1002009 ISCO PARA ACOPLE RENOLD 42MM 644243
 Centro 2600 Risaralda

Datos generales

Unidad medida base	PZA	Pieza	Tipo de valoración	E
Moneda	COP		Período actual	10 2015
Sector	01		Determ.precio	<input type="checkbox"/> LM act.

Valoración actual

Categoría valoración	5408	CatValStockPProyecto	
CatgValStkPedCliente		Cantidad base	1
Control de precios	V	Precio estándar	0,00
Precio variable	113.266,67	Valor total	226.533,34
Stock total	2	<input type="checkbox"/> UM valorada	
Precio futuro	0,00	Válido de	
Precio anterior	1,00	Últ.modif.precio	31.12.1999

Periodo/año ant. Cálculo coste plan

ANEXO 16. Costo de fabricación de estructura de prensa, Jeronimuz S.A.S, contratista de Ingenio Risaralda S.A

JERONIMUZ S.A.S			
COTIZACIÓN DE ESTRUCTURA DE PRENSA EXPPELLER UTP		FECHA: 08-10-15	
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
3	PERFIL DE HIERRO ANGULAR 2X2X3/16 pulg DE 6 m DE LARGO	\$ 58.500,00	\$ 175.500,00
1	PERFIL DE HIERRO ANGULAR 3X3X1/4 pulg DE 6 m DE LARGO	\$ 100.000,00	\$ 100.000,00
	MANO DE OBRA CALIFICADA (Mecánico soldador y auxiliar)	\$ 80.000,00	\$ 80.000,00
	TOTAL		\$ 355.500,00

ANEXO 17. Costo de fabricación piezas de Prensa Expeller, METSOL S.A.S, contratista de Ingenio Risaralda S.A

INDUSTRIAS METSOL S.A.S			
COTIZACIÓN PARA PRENSA EXPELLER, YEYXON OMAR GALARRAGA CC. 1089720136, CEL:3114132465			
FECHA: 14 de octubre de 2015 , Dirección: Cra. 11 #14-7, La Virginia, Risaralda, Teléfono:(6) 3678098			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	CONSTRUCCIÓN DE TORNILLO SIN FIN, EN ACERO INOXIDABLE	\$ 620.000,00	\$ 620.000,00
1	CONSTRUCCIÓN DE DADO, EN ACERO INOXIDABLE	\$ 310.000,00	\$ 310.000,00
1	CONSTRUCCIÓN DE CAMISA DE TORNILLO SIN FIN, EN ACERO INOXIDABLE	\$ 1.180.000,00	\$ 1.180.000,00
1	CONSTRUCCIÓN DE TOLVA , EN ACERO INOXIDABLE,ESPESOR 2 mm	\$ 400.000,00	\$ 400.000,00
1	CONSTRUCCIÓN CILINDRO DE UNIÓN CAMISA-TOLVA,EN ACERO INOXIDABLE,ESPESOR 2 MM	\$ 100.000,00	\$ 100.000,00
1	CONSTRUCCIÓN DE CHUMACERA DE APOYO DE TORNILLO SIN FIN, EN ACERO AISI SAE 1045	\$ 120.000,00	\$ 120.000,00
1	CONSTRUCCIÓN DE ARBOL DE TRANSMISIÓN 1 ,EN ACERO AISI SAE 1045	\$ 67.000,00	\$ 67.000,00
1	CONSTRUCCIÓN DE ARBOL DE TRANSMISIÓN 2 ,EN ACERO AISI SAE 1045	\$ 120.000,00	\$ 120.000,00
	TOTAL		\$ 2.917.000,00

NOTA: LOS PRECIOS MOSTRADOS, INCLUYEN LA MANO DE OBRA CALIFICADA Y EL MATERIAL PARA ELABORAR LAS PIEZAS